Offert à la Bibliothèque de la Faculté de Médecine
Gréhant.

NOTICE SUR

LES TITRES

ET

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

M. N. GRÉHANT

DIRECTEUR ADJOINT DU LABORATOIRE DE PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE DE L'ÉCOLE DES HAUTES ÉTUDES,
AIDE-NATURALISTE AU MUSÉUM.

PARIS
ANCIENNE LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE ET Cie
FÉLIX ALCAN, ÉDITEUR
108, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 108

—

1887

TITRES

GRADES UNIVERSITAIRES

Licencié ès sciences physiques 1858
Docteur en médecine. 1864
Licencié ès sciences naturelles. 1868
Docteur ès sciences naturelles 1870

SOCIÉTÉS SAVANTES

Membre de la Société de Biologie ; Vice-Président de la Société. 1886
Membre de la Société de Physique.

FONCTIONS UNIVERSITAIRES

Préparateur des cours de Physique et de Chimie au lycée Napoléon. Professeurs : MM. Ed. Desains et Ch. d'Almeida. 1856-1866

Préparateur du cours de Physiologie générale à la Faculté des sciences de Paris. Professeur : M. Claude Bernard 1865

Préparateur du cours de Médecine au Collège de France. Professeur : M. Claude Bernard. 1866

Aide-naturaliste à la chaire de Physiologie générale, au Muséum d'histoire naturelle. 1868

Chef des travaux physiques et chimiques au laboratoire de Physiologie générale de l'École des Hautes Études. 1869

Cours libre de Physiologie, professé à l'École pratique de la Faculté de médecine. 1871-1872

Professeur suppléant d'Histoire naturelle aux lycées Henri IV et Condorcet 1872-1873

Professeur suppléant à la Faculté des Sciences de Paris. Professeur : M. Paul Bert 1872-1874

Chargé de suppléer M. le professeur Rouget au Muséum d'histoire naturelle. 1886-1887

Directeur adjoint du laboratoire de Physiologie générale de l'École des Hautes Études. 1887

RÉCOMPENSES OBTENUES

Recherches physiques sur la respiration de l'homme. Thèse pour le Doctorat en médecine. Médaille d'argent. 1863

Recherches physiologiques : 1° sur l'excrétion de l'urée par les reins; 2° sur la respiration des poissons. Thèse pour le Doctorat ès sciences naturelles. (La moitié du Prix Trémont décerné par la Faculté des Sciences.). 1870

Prix Montyon, de Médecine et de Chirurgie, décerné par l'Académie des Sciences pour les recherches physiologiques et médicales sur la respiration de l'homme. 1870

Concours des Prix Montyon. Mention honorable 1880

Concours des Prix Montyon. Citation 1881

Concours des Prix Montyon. Mention honorable partagée avec M. Quinquaud, pour le travail sur la mesure de la quantité de sang 1882

Prix Montyon de Physiologie expérimentale, décerné par l'Académie des Sciences pour de nouvelles recherches sur le mode d'élimination de l'oxyde de carbone. 1886

DIVISION DES TRAVAUX

I. Étude du sang. Circulation.

II. Respiration.

III. Sécrétion.

IV. Système nerveux.

V. Toxicologie.

VI. Appendice comprenant les travaux qui n'ont pu être classés dans les divisions précédentes.

J'ai terminé ma notice par *deux tables des matières :* l'une comprenant *mes travaux personnels*, la seconde comprenant *des travaux faits en collaboration.*

PREMIÈRE SECTION

ÉTUDE DU SANG, CIRCULATION

Appareil pour l'extraction des gaz contenus dans les liquides.

Comptes rendus de la Société de biologie, 1869.

Cet appareil, représenté par la figure 1, se compose d'un récipient spécial et de la pompe à mercure. Le récipient est formé d'un ballon de verre à col long de 1 mètre dont l'ouverture est fermée par un bouchon de caoutchouc à un trou; un tube de verre présentant un rétrécissement et traversant ce trou est uni par un tube de caoutchouc épais au tuyau d'aspiration de la pompe à mercure; le col du ballon porte un réfrigérant de verre qui reçoit un courant d'eau froide; l'eau, après avoir circulé autour du col, pénètre dans un manchon de caoutchouc qui enveloppe l'assemblage du récipient et de la pompe et s'échappe ensuite par un tube de verre fixé dans un bouchon que traverse le tuyau d'aspiration.

Quand on introduit dans le récipient du sang ou un liquide qui donne dans le vide beaucoup de mousse, le courant d'eau froide détruit la mousse et l'extraction des gaz devient facile.

La pompe à mercure que j'emploie ne présente qu'un seul robinet à trois voies, que j'ai fait envelopper par M. Alvergniat d'un manchon métallique formé de deux pièces, qui s'appliquent exactement l'une sur l'autre et que l'on remplit d'eau; cette fermeture hydraulique s'oppose absolument à toute rentrée d'air par le robinet; sur le tube de verre vertical qui surmonte le robinet de la pompe j'ai fixé un tube de caoutchouc à parois assez épaisses et dont le calibre a environ 2 mm. de diamètre; l'extrémité de ce tube qui s'élève jusqu'au milieu d'une petite cuve cylindrique à mercure sert à fixer un entonnoir ou l'extrémité d'une seringue remplie de sang, ou une pipette communiquant, comme le représente la figure, avec une trompe de Golaz ou d'Alvergniat avec laquelle on commence par faire dans le récipient et dans

la pompe un vide approché que l'on complète ensuite par quelques manœuvres de la pompe. Dans tous les cas, avant d'introduire dans le récipient un liquide dont on veut extraire les gaz, il faut faire d'abord le vide absolu,

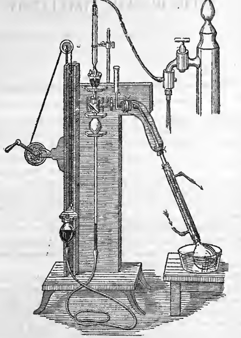


Fig. 1.

que l'on reconnaît à ce qu'il ne s'échappe plus la moindre bulle de gaz à travers le mercure de la petite cuve, et au choc qui se produit quand le mercure vient frapper le robinet, choc quil faut amortir en comprimant le coutchouc, comme l'a conseillé M. Jolyet, sans quoi on s'exposerait à briser la pompe.

Note sur un perfectionnement de la pompe à mercure.

Comptes rendus de la Société de biologie, 1885.

Dans l'extraction des gaz à l'aide de la pompe à mercure, il est avantageux de faire écouler au dehors le mercure des cloches graduées qui est déplacé par les gaz; j'ai fait adapter au-dessus du robinet de la pompe d'Alvergniat une petite cloche renversée présentant une tubulure latérale, dont le centre se trouve au-dessus de l'extrémité du tube de caoutchouc qui est fixé au robinet de la pompe; la tubulure est fermée par un bouchon de caoutchouc traversé par un tube de verre recourbé, servant à l'écoulement du mercure en excès qui est recueilli dans un bocal supporté convenablement.

Note sur l'acide carbonique du sang.

(En commun avec M. Quinquaud).

Comptes rendus de la Société de biologie, 1886.

Le sérum, placé dans le vide, abandonne difficilement son acide carbonique. C'est un fait exact sur lequel tous les hématologistes sont d'accord; mais cet abandon est rendu beaucoup plus facile si l'on fait passer dans l'appareil à vide contenant le sérum, une petite quantité de globules privés de gaz; les choses se passent comme si l'on avait ajouté un acide; de là est née l'hypothèse du développement d'un *acide du sang* pour favoriser le dégagement de l'acide carbonique du sang.

Nous avons reconnu que l'addition au sérum de poudre de lycopode ou de sesquioxyde de fer en poudre rend plus facile la dissociation de l'acide carbonique et nous avons conclu de nos expériences que les globules paraissent aider cette dissociation à la manière des agents physiques et mécaniques, sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir un acide.

Nous avons reconnu en outre que dans le sang altéré l'acide carbonique existe en plus grande quantité dans les globules que dans le sérum, tandis que le contraire a lieu lorsque le sang est frais, comme l'ont démontré de nombreux travaux.

Mesure du pouvoir absorbant du sang pour l'oxygène et pour l'oxyde de carbone.

Bibliothèque de l'École des hautes études, section des sciences naturelles.

T. IX, article 4.

Pour mesurer le pouvoir absorbant du sang pour l'oxygène ou la capacité respiratoire du sang, le procédé que j'emploie consiste à prendre dans un vaisseau un certain volume de sang, de 20 c.c. à 50 c.c.; le sang est défibriné par l'agitation dans un flacon rempli d'oxygène; on le filtre sur un linge dans une cloche graduée en centimètres cubes; puis on fait tourner rapidement cette cloche fixée avec une ficelle pour déplacer les bulles d'oxygène incluses dans le sang. Le volume du liquide, mesuré exactement, est versé dans un entonnoir maintenu au-dessus de la pompe à mercure; en tournant le robinet convenablement, on fait pénétrer le saog dans le récipient vide où il abandonne ses gaz qui sont recueillis et analysés. Lorsque le sang a été dépouillé de ses gaz on fixe sur le robinet de la pompe un tube vertical et une cuvette mobile pleine de mercure, et on fait pénétrer dans le récipient un volume mesuré d'oxyde de carbone pur; l'agitation du gaz avec le saog fait absorber l'oxyde de carbone par l'hémoglobine, qui devient d'un rouge vif, on extrait et on mesure la portion du gaz qui n'a point été absorbée et on reconnaît que le volume d'oxyde de carbone fixé par le sang est égal au volume d'oxygène qui avait été absorbé primitivement, ce qui confirme les faits déjà si bien établis par Claude Bernard à la pression ordinaire :

1° L'oxyde de carbone donne avec les globules rouges une combinaison plus fixe que la combinaison donnée par l'oxygène, puisqu'elle résiste à l'action du vide à 40°; 2° l'oxyde de carbone remplace l'oxygène volume à volume.

Je n'ai jamais trouvé chez l'animal empoisonné par les poumons et par un mélange d'oxyde de carbone et d'air même très toxique le sang complètement oxycarboné; 100 c.c. de sang pouvaient après la mort de l'animal absorber encore de 4 c.c. à 5 c.c. d'oxygène et si la capacité respiratoire du sang normal était 25, 20 c.c. ou 21c.c. d'oxyde de carbone avaient été fixés par le sang.

Comparaison entre le volume d'oxygène contenu dans le sang artériel et le plus grand volume d'oxygène que le sang peut absorber.

Comptes rendus de la Société de biologie, 1872.

Le sang artériel du chien ne renferme presque jamais la quantité totale d'oxygène qu'il pourrait absorber.

Deux expériences comparatives très simples ont permis de démontrer ce fait : 100 c.c. de sang pris dans l'artère carotide contenaient 16 c.c., 3 d'oxygène, tandis que 100 c.c. du même sang agités avec de l'oxygène contenaient 26 c.c., 8 de ce gaz (capacité respiratoire). Le rapport $\frac{16}{27}$ donne une mesure exacte de l'*effet utile* de la respiration pulmonaire quant à l'absorption de l'oxygène. Il est évident que ce nombre doit varier beaucoup chez l'homme comme chez les animaux, il doit dépendre de la constitution, de l'amplitude des mouvements respiratoires qui renouvellent plus ou moins parfaitement l'air dans les poumons, de la rapidité du cours du sang à travers les poumons; il doit dépendre aussi chez le même individu de l'état de santé ou de maladie. Dans l'empoisonnement par l'oxyde de carbone, le gaz toxique, comme l'a si bien démontré Claude Bernard, s'est combiné avec une partie de la matière colorante des globules sanguins; la partie qui échappe à l'action du poison est seule capable d'absorber l'oxygène et de remplir le rôle physiologique essentiel à la vie. Il est tout à fait rationnel de faire respirer de l'oxygène aux hommes asphyxiés par la vapeur de charbon, mais il faut agir aussi vite que possible.

Il est essentiel aussi de renouveler complètement l'air de la chambre dans laquelle a eu lieu l'asphyxie, ou mieux de transporter le malade dans une autre chambre, car j'ai démontré dans un autre travail que de faibles proportions d'oxyde de carbone ralentissent ou arrêtent l'élimination de ce gaz.

Un grand nombre d'expériences ont prouvé que, chez des chiens différents, la capacité respiratoire du sang peut varier de 13 à 32, c'est-à-dire dans des limites très étendues; ces nombres sont proportionnels aux quantités d'hémoglobine contenue dans le sang et peuvent servir à doser cette substance.

Analyse du sang.

Comptes rendus de la Société de biologie, 1870.

J'ai proposé comme moyen simple d'analyse du sang applicable à l'étude de ce liquide, dans les maladies et dans diverses conditions établies expérimentalement chez les animaux, le mode de traitement que j'ai employé pour la recherche de l'urée du sang. La détermination directe de l'eau contenue dans le sang présente déjà des difficultés : si l'on abandonne le sang à la coagulation, le caillot placé dans une étuve à 100° est difficile à dessécher complètement, les couches superficielles forment un vernis sec qui empêche la dessiccation de la partie centrale. Je recueille un certain poids de sang non coagulé et, après l'avoir agité dans un flacon pour le défibriner, je traite le sang par le double de son volume d'alcool et j'obtiens une bouillie qui, soumise le lendemain à la presse, laisse un tourteau facile à pulvériser et qui se dessèche bien dans l'étuve; d'une autre part, on déterminera le poids du résidu de l'extrait alcoolique évaporé au bain-marie et dans ce résidu peu abondant se trouvent le glucose, l'urée et quelques sels solubles dans l'alcool.

Le tourteau pesé après dessiccation, renfermant la fibrine, les substances albuminoïdes et l'hémoglobine qui ont été coagulées par l'alcool, pourra ensuite être soumis à quelques autres recherches.

Mesure de la quantité de sang contenu dans l'organisme d'un mammifère vivant.

En commun avec M. Quinquaud.

Journal d'anatomie et de physiologie, 1882.

Ce procédé de mesure repose sur la propriété bien établie par l'illustre Claude Bernard que possède l'oxyde de carbone de donner avec l'hémoglobine des globules du sang une combinaison plus fixe que la combinaison formée par cette matière colorante avec l'oxygène, de sorte que, dans l'empoisonnement produit par l'oxyde de carbone, ce dernier gaz se substitue à l'oxygène volume à volume. D'une manière générale, pour obtenir le volume total du sang, il suffit de faire respirer à l'animal un volume de gaz homo-

gène contenant des proportions d'oxyde de carbone bien déterminées, afin d'apprécier, après un quart d'heure par exemple, le volume d'oxyde de carbone restant, ce qui donne le volume du gaz toxique qui a été fixé par la masse du sang. D'un autre côté, on mesure la capacité respiratoire de deux échantillons de sang, l'un pris avant l'empoisonnement, l'autre après : connaissant d'une part le volume total d'oxyde de carbone fixé, et d'autre part le volume de ce gaz qui a été absorbé par 100 c.c. de sang on obtient par une simple proportion le volume total cherché. Pour cette mesure, sept opérations successives sont nécessaires :

1° On prend dans une artère un premier échantillon de sang normal du volume de 30 c. c., on l'injecte dans un flacon et on le défibrine par l'agitation.

2° Dans une grande cloche graduée et fermée par un bouchon que traverse un robinet à trois voies, on compose un mélange de 5 litres d'oxygène, 1 litre d'hydrogène pur, puis autant de fois 100 c. c. d'oxyde de carbone pur que le poids de l'animal renferme de fois 7 k. 300 gr.; nous sommes arrivés à cette dose qui n'est pas mortelle à la suite de nombreux tâtonnements.

3° Sur la tête de l'animal fixé sur une gouttière, on attache avec le plus grand soin, à l'aide de liens serrés, une muselière de caoutchouc; le tube par lequel se termine la muselière est réuni au robinet à trois voies de la cloche; au bout d'une minute on tourne le robinet et l'animal respire le mélange gazeux pendant 1/4 d'heure.

4° Avant que la dernière minute se soit écoulée, on prend dans l'artère un second échantillon de sang qui est intoxiqué partiellement, on l'injecte dans un flacon, on le défibrine par l'agitation.

5° Dans un long tube gradué plein de mercure, on mesure 100 c.c. environ de gaz restant dans la cloche, on absorbe l'acide carbonique sur le mercure et on fait à l'aide de l'eudiomètre à eau l'analyse du gaz restant pour déterminer l'hydrogène; ce qui fait connaître le volume de gaz qui restait dans la cloche et dans les poumons. (Mesure du volume des poumons par l'hydrogène, d'après le procédé de Gréhant.)

6° Un litre de gaz expiré est introduit dans un petit sac de caoutchouc et additionné de 3 à 4 litres d'air pour que le mélange ne soit plus détonant; ce mélange traverse une série de barboteurs à potasse et à eau de baryte, puis un long tube rempli de tournure de cuivre grillée et chauffée au rouge et un long tube peu incliné sur l'horizon contenant de l'eau de baryte. Le

précipité de carbonate de baryte qui se forme et qui provient de la combustion de l'oxyde de carbone est laissé dans le tube; on le décompose dans le vide par un acide; le volume d'acide carbonique recueilli par la pompe à mercure correspond à un volume égal d'oxyde de carbone. (Procédé de Gréhant pour la recherche et pour le dosage de l'oxyde de carbone.)

7° On détermine les capacités respiratoires des 2 échantillons de sang, le second absorbe beaucoup moins d'oxygène que le premier; la différence des deux nombres obtenus représente le volume d'oxyde de carbone qui a été fixé par le sang.

Neuf expériences faites sur le chien nous ont donné pour le poids du sang des nombres compris entre $\frac{1}{11}$ et $\frac{1}{13,8}$ du poids du corps.

Sur l'arrêt de la circulation du sang produit par l'introduction d'air comprimé dans les poumons.

Comptes rendus de l'Académie des sciences, 1871.

Chez un chien à l'état normal la pression du sang dans l'artère fémorale, tracée par le manomètre de M. Fick sur le cylindre tournant de M. Marey, était égale à 12 centimètres de mercure en moyenne; on insuffla dans les poumons, par un tube fixé dans la trachée, de l'air soumis à la pression de 6 c. de mercure, la pression dans l'artère diminua de 12 c. à 5 c.

La trachée d'un lapin ayant été mise en communication avec un gazomètre plein d'air à la pression de 4 c. 2 de mercure, la pression du sang dans l'artère carotide baissa de 13 c. 8 à 2 c. 6.

J'ai démontré directement que l'air comprimé arrête la circulation pulmonaire. J'ai introduit par la veine jugulaire chez un chien une sonde de plomb préalablement remplie d'une solution de bicarbonate de soude jusque dans la veine cave inférieure; un tube de verre ayant été fixé dans l'artère carotide, les deux vaisseaux furent unis aux deux branches d'un manomètre différentiel de Claude Bernard. Dans les conditions normales, le mercure montait du côté de la veine jusqu'à 14 c.; dès qu'on eut insufflé les poumons avec de l'air soumis à la pression de 6 c. 5 de mercure, ce métal descendit du côté de la veine et bientôt les deux niveaux furent dans un même plan horizontal; la circulation était complètement arrêtée et l'obstacle se trouvait dans les poumons; dès qu'on

laissait ces organes s'affaisser, le sang arrivait en grande quantité dans l'artère. On peut déduire de ces faits, qu'il faut pratiquer la respiration artificielle avec beaucoup de ménagement, car, si l'on comprimait trop l'air insufflé, les poumons ne se laisseraient plus traverser par le sang.

Sur les effets de l'insufflation des poumons par l'air comprimé.

En commun avec M. le Dr. QUINQUAUD.

En répétant l'expérience de Gréhant faite en 1870 sur l'abaissement de la pression du sang dans les artères qui suit l'insufflation de l'air comprimé dans les poumons, nous avons observé des faits nouveaux. Le dispositif de nos expériences a été très simple : un gazomètre en zinc contenant 150 litres d'air et portant soudés à la partie supérieure deux robinets, dont l'un communiquait par un tube de caoutchouc avec un entonnoir double à déversement, servait de réservoir à air comprimé sous pression constante.

On introduisait dans l'artère carotide une canule de verre mise en rapport avec un cardiomètre de Magendie, qui avec un flotteur muni d'un style traçait sur un cylindre de M. Marey la courbe de pression normale.

Chez un chien dont la pression moyenne dans l'artère carotide était voisine de 12 c. l'insufflation d'air soumis à une pression de 35 mm. de mercure a produit un abaissement de la pression égal à 7 c.

L'air insufflé à la pression de 1 c. de mercure abaissa la pression artérielle de 4 c. environ.

Nous avons observé un autre fait très important : si l'on maintient dans les poumons de l'air soumis à la pression de 8 c. de mercure, au bout d'une minute l'animal urine, il étend les pattes et il meurt en cinq minutes environ. Le sang dans le cœur gauche et dans le cœur droit était rempli d'une mousse abondante, comme si l'on avait injecté de l'air dans les vaisseaux; l'air insufflé avait déchiré les vésicules pulmonaires et les vaisseaux sanguins.

Chez un lapin l'air comprimé à 37 mm. de mercure a suffi pour produire les mêmes effets.

Il est donc très dangereux, quand on pratiquo la respiration artificielle chez l'homme ou chez l'enfant nouveau-né, d'introduire dans les poumons de l'air trop comprimé.

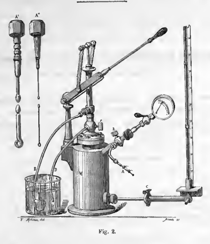


Fig. 2.

Mesure de la pression nécessaire pour déterminer la rupture des vaisseaux sangnins.

En commun avec M. Quinquaud.

Nous nous sommes servis d'une pompe de Regnault et d'un manomètre à air libre d'une hauteur de 10 mètres, que M. le professeur Jamin a bien voulu mettre à notre disposition (fig. 2). Nous avons fait fixer par Golaz à la partie supérieure du récipient de la pompe un robinet de laiton à trois voies sur lequel on pouvait visser différents ajutages. On liait fortement sur ces ajutages des bouts d'artère ou de veine pris chez l'homme après la mort ou chez des animaux; voici quelques-uns des résultats qui ont été obtenus; les pressions indiquées en atmosphères et dixièmes d'atmosphère, ont été mesurées au moment de la rupture.

RÉSISTANCE DES ARTÈRES DE L'HOMME

Enfant, âgé de 2 ans, carotide	6^{a},8
—	7^{a},9
Homme, âgé de 30 ans, carotide droite	4^{a},7
— gauche	5^{a},9
Homme, âgé de 74 ans, carotide droite	8^{a},9
— gauche	7^{a},9
Homme, âgé de 78 ans, carotide droite	2^{a},4
— gauche	3^{a},5

RÉSISTANCE DES ARTÈRES ET DES VEINES DU CHIEN

Artère carotide droite	6^{a}, 9
— — gauche	7^{a}, 8
Iliaque droite	11^{a},3
— gauche	7^{a},
Veine jugulaire	6^{a},6
Artère carotide droite	8^{a},3
— — gauche	5^{a},1
Veine jugulaire	3^{a},7

Nos mesures démontrent que les pressions nécessaires pour rompre les artères sont beaucoup plus grandes que celles qui existent normalement dans ces vaisseaux; ainsi la pression du sang dans l'artère carotide d'un chien étant de 15 centimètres environ, ce vaisseau s'est rompu dans un cas à 8^{a},3, c'est-à-dire sous une pression de 630^{c},8 ou quarante-deux fois plus grande.

DEUXIÈME SECTION

RESPIRATION

Mesure du volume d'air contenu dans les poumons de l'homme.
Recherches physiques sur la respiration de l'homme.

Thèse de Doctorat en médecine, 1864.

On fait passer dans une cloche de 3 ou 4 litres (fig. 3), munie d'un

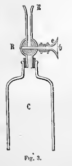


Fig. 3.

robinet à trois voies et remplie d'eau sur la cuve, un demi-litre d'hydrogène pur; l'homme soumis à l'expérience ferme les fosses nasales en appuyant sur les narines, introduit dans la bouche un tube de verre fixé au robinet et applique les lèvres sur l'embout E; à la fin d'une expiration, on tourne le robinet; l'inspiration de l'hydrogène a lieu aussitôt, après la 5e expiration faite dans la cloche, on ferme le robinet; on obtient ainsi un mélange homogène des gaz hydrogène, oxygène, azote, acide carbo-

nique, contenus dans les poumons et dans la cloche; on l'analyse dans un tube eudiométrique gradué avec un volume mesuré d'oxygène, afin d'obtenir par l'étincelle électrique la combustion complète de l'hydrogène.

Dans une expérience, le mélange gazeux recueilli après la 5e expiration contenait 14, 6 d'hydrogène p. 0/0; soit x le volume des poumons : écrivons la proportion $\frac{100}{14,6} = \frac{x}{500}$; d'où $x = \frac{500 \times 100}{14,6} = 3$ l. 43; après une expiration d'un demi-litre, le volume de l'air qui restait dans les poumons était égal à 2 l. 93.

L'eudiomètre est fixé dans un support spécial qui sert en même temps d'excitateur pour le passage de l'étincelle électrique.

Il est bon de placer l'eudiomètre dans un grand bocal de verre, qui retiendrait les fragments du tube s'il était brisé par l'explosion.

J'ai tout récemment perfectionné ce procédé de mesure. (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, 1887.)

Il est essentiel de s'assurer d'abord que l'hydrogène est pur : on le fait brûler et on écrase la flamme avec une soucoupe de porcelaine. S'il y a le moindre dépôt d'arsenic, il faut démonter l'appareil et changer le zinc et l'acide, car il serait très imprudent d'introduire dans les poumons les moindres traces d'hydrogène arsénié.

Je fais respirer un mélange de 250 c. c. d'hydrogène et de 750 c. c. d'air introduit dans un petit sac de caoutchouc muni d'un robinet à trois voies; il se produit alors avec les gaz contenus dans les poumons un mélange homogène qui n'est pas détonant, et l'expérience ne présente plus aucun danger.

L'analyse de ce mélange se fait d'abord sur le mercure; on détermine la proportion de l'acide carbonique par la potasse, puis la proportion de l'hydrogène dans l'eudiomètre à eau après addition de gaz de la pile.

Des expériences que j'ai faites et qui ont été publiées ont montré que, chez l'animal vivant, l'hydrogène introduit dans les poumons ne traverse pas ces organes et les parois thoraciques, et même l'hydrogène introduit dans la cavité pleurale chez l'animal vivant ne passe qu'en très petite quantité dans l'air expiré; il n'en est pas de même, comme je l'ai reconnu, quand on opère sur des poumons détachés après la mort.

Renouvellement de l'air dans les poumons.

Thèse de Doctorat en médecine, 1864.

Le volume d'air pur qui pénètre dans les bronches par l'inspiration est en partie rejeté par l'expiration qui suit avec de l'air vicié contenant moins d'oxygène et plus d'acide carbonique; en faisant inspirer un demi-litre d'hydrogène et en analysant un volume égal de gaz expiré, on trouve qu'il renferme 34 volumes d'hydrogène sur 100 ou en tout 170 c. c., tandis que 330 c. c. d'hydrogène sont restés dans les poumons.

Remplaçons l'hydrogène par de l'air pur; nous voyons qu'un tiers environ de l'air inspiré est rendu à l'atmosphère mélangé à deux tiers d'air vicié; tandis que deux tiers d'air pur se distribuent dans les poumons. Le volume des poumons après l'expiration étant égal à 2 l. 93 chez l'homme qui a été soumis à mes recherches, 330 c. c. d'air pur se sont distribués dans ce volume et l'unité de volume a reçu $\frac{330}{2930} = 0$ c. c. 113; j'ai donné à ce nombre le nom de *coefficient de ventilation.*

J'ai reconnu que la distribution de l'air dans les poumons se fait d'une manière uniforme : après deux mouvements égaux, l'un d'inspiration, l'autre d'expiration, dans tout l'arbre aérien chaque unité de volume reçoit un peu plus d'un dixième d'air pur.

Un gaz mélangé à l'air ou une vapeur pénètre dans les poumons dès la première inspiration et se trouve absorbé par le sang artériel; cela explique les accidents si subits qui surviennent lorsque l'homme respire des gaz toxiques tels que l'hydrogène sulfuré.

J'ai démontré directement par l'expérience, page 48, la rapidité de cette absorption.

Endosmose des gaz à travers les poumons détachés.

Bibliothèque de l'École des hautes études, section des sciences naturelles, tome XVIII.

On introduit dans la trachée d'un animal après la mort un tube de verre rétréci, revêtu d'un tube de caoutchouc; la trachée est fortement liée sur le

tube; on ouvre le thorax avec précaution et on détache les poumons en ayant soin de ne pas les blesser; les poumons insufflés avec de l'air et immergés dans l'eau doivent rester gonflés sans qu'aucune bulle d'air ne s'échappe.

Si, après avoir insufflé les poumons fixés dans une cloche tubulée, on ferme la trachée à l'aide d'un robinet et si l'on enveloppe ces organes d'hydrogène ou d'acide carbonique, on les voit se gonfler de plus en plus; un tube abducteur se rendant sous l'eau ajouté au robinet laisse dégager du gaz qui est un mélange d'hydrogène ou d'acide carbonique avec l'air. Ainsi les phénomènes d'endosmose ont lieu à travers les poumons entiers qui se conduisent comme une somme de petits réservoirs membraneux agissant chacun isolément, bien que les vésicules pulmonaires soient séparées de l'extérieur par une partie du parenchyme et par le feuillet viscéral de la plèvre. Si l'on introduit de l'hydrogène dans les poumons et de l'acide carbonique en dehors, les poumons se gonflent, ce qui démontre un courant prépondérant dirigé de l'acide carbonique vers l'hydrogène, car il y a en même temps un courant de moindre intensité de l'hydrogène vers l'acide carbonique

Des poumons pleins d'air immergés dans de l'eau contenant de l'acide carbonique en dissolution se gonflent peu à peu, mais plus lentement, l'acide carbonique pénétrant pour se mélanger avec l'air; il y a une analogie frappante entre ce phénomène et celui qui se passe dans la respiration normale, lorsque le sang veineux chargé d'acide carbonique circule dans les vaisseaux des poumons et se trouve seulement séparé par des membranes minces de l'air contenu dans les bronches et dans les vésicules pulmonaires.

Sur l'exactitude de la mesure du volume des poumons.

Comptes rendus de la Société de biologie, 1878.

En mesurant le volume des poumons d'un chien à trois reprises différentes, en lui faisant respirer 1 litre d'hydrogène mélangé avec 2 litres d'oxygène, une première fois pendant 3 minutes, une seconde fois pendant 6 minutes et une troisième fois pendant 10 minutes, on trouva les mêmes nombres, 682 c.c. 687, 688 pour la capacité pulmonaire. J'ai démontré ainsi

qu'il n'y a point d'endosmose des gaz introduits dans les poumons vers l'air extérieur, à travers le parenchyme pulmonaire et à travers les parois thoraciques; l'hydrogène introduit dans l'arbre aérien y reste pendant la durée de l'expérience, et l'analyse eudiométrique permet de mesurer exactement le volume des poumons.

Les poumons chez l'animal vivant se laissent-ils traverser par les gaz?

Comptes rendus de la Société de biologie, 1878.

Pour répondre à cette question, j'ai pratiqué chez le chien une ou deux fistules thoraciques en ayant soin de ne pas blesser les poumons; dans une première expérience, j'ai fait respirer l'animal dans une cloche contenant 1 litre d'hydrogène et 1 litre d'oxygène, tandis que la cavité thoracique droite communiquait avec une cloche contenant 1 litre d'oxygène; au bout de 5 minutes, ce gaz avait reçu 2 p. 0/0 d'acide carbonique et 0 c.c. 76 p. 0/0 ou $\frac{1}{131}$ d'hydrogène.

J'ai fait aussi l'expérience inverse : j'ai pratiqué deux fistules thoraciques l'une à droite, l'autre à gauche; dans chaque ouverture j'ai fixé à l'aide d'un bouchon de caoutchouc un tube de verre recourbé communiquant avec une cloche contenant 1 litre d'hydrogène; une muselière de caoutchouc attachée sur la tête de l'animal était unie avec une cloche à robinet contenant 2 litres d'oxygène; au bout de 3 minutes, ce gaz ne renfermait que $\frac{1}{400}$ d'hydrogène; ainsi l'endosmose des gaz a lieu dans ces conditions artificielles chez l'animal vivant, mais le phénomène a beaucoup plus d'intensité lorsqu'on opère sur des poumons détachés.

Sur la composition de l'air qui se trouve dans les poumons en rapport avec le sang.

Comptes rendus de la Société de biologie, 1871.

Pour déterminer la composition de l'air qui dans les poumons reçoit constamment de l'acide carbonique et fournit constamment de l'oxygène au sang, j'ai introduit dans la cloche à robinet qui me sert à mesurer la capacité pulmonaire 500 c. c. d'hydrogène pur.

J'inspire ce gaz, puis je fais une expiration prolongée que je recueille en deux fois : la première partie expirée dont le volume fut trouvé égal à 700 c. c. est reçue dans la cloche, la seconde partie expirée est reçue dans un petit sac de caoutchouc entièrement vide d'air muni d'un robinet fixé au robinet de la cloche; ce gaz dont le volume était égal à 647 c.c. contenait en centièmes :

Hydrogène	13,1
Acide carbonique	7,5
Oxygène	11,2
Azote	68,2

Si l'on substitue à l'hydrogène introduit par l'inspiration le même volume d'air pur dont il tient la place dans le mélange, 13 c. 1 d'air pur renferment 2,7 d'oxygène et 10 c.c. 4 d'azote, on a pour la composition de l'air qui dans les poumons est en contact médiat avec le sang :

Acide carbonique	7,5
Oxygène	13,9
Azote	78,6
	100

Recherches expérimentales sur la mesure du volume de sang qui traverse les poumons en un temps donné.

En commun avec M. Quinquaud.

Comptes rendus de la Société de biologie, 1886.

Le procédé que nous avons suivi consiste à prendre simultanément dans le cœur droit avec une sonde et dans l'artère carotide d'un chien deux volumes égaux de sang qui sont injectés dans deux appareils de Grébant pour l'extraction des gaz du sang. Toujours le volume d'acide carbonique fourni par le sang veineux a été plus grand que celui qui était contenu dans le sang artériel; cette différence a permis de calculer les poids d'acide carbonique que 100 c. c. de sang perdent en traversant les poumons.

Nous avons mesuré ensuite le poids d'acide carbonique que l'animal exhalait en une minute et, en divisant ce second poids par le premier, nous avons

obtenu le nombre par lequel il faut multiplier 100 c. c. pour avoir le volume de sang qui traverse les poumons en une minute.

Nous avons trouvé de 591 c. c. à 2614 c. c.; des nombres aussi différents s'expliquent facilement, les poids des maux ayant varié entre 7 kilos et 18 kilos.

Appareil pour la respiration artificielle.

Comptes rendus de la Société de biologie, 1869.

L'indication de faire la respiration artificielle chez l'homme se présente dans une foule de circonstances, dans tous les cas d'asphyxie de cause si diverse ou dans l'empoisonnement par les gaz ou par les vapeurs délétères absorbés par les poumons.

J'ai fait construire par M. Vérick un appareil spécial : le mouvement direct de rapprochement et d'éloignement des branches d'un soufflet, qui devient si fatigant au bout de quelques minutes, est obtenu à l'aide d'un mouvement de rotation que l'on peut maintenir longtemps sans fatigue.

Un axe horizontal mobile dans deux coussinets se termine d'un côté par une manivelle, de l'autre par une coulisse, imitée de la coulisse de Stephenson. Dans la coulisse on peut fixer à l'aide d'une vis et d'un écrou l'une des extrémités d'une bielle, dont l'autre extrémité est unie par une articulation à genou avec l'une des branches d'un fort soufflet dont la seconde branche est fixée d'une manière invariable.

Lorsqu'on fait tourner la manivelle, le point de la bielle fixé à la coulisse décrit une circonférence dont on change à volonté le rayon en approchant ou en éloignant ce point du centre de l'axe de rotation; on donne ainsi au mouvement du soufflet l'amplitude que l'on désire et par suite on est maître de son débit; rien n'est plus facile aussi que de régler la vitesse du mouvement.

Des poulies fixées sur l'axe peuvent recevoir le mouvement d'un moteur quelconque, par exemple d'un petit moteur hydraulique, et on peut maintenir la respiration artificielle chez les animaux pendant plusieurs heures.

Recherches comparatives sur l'exhalation de l'acide carbonique par les poumons et sur les variations de cette fonction.

Journal de l'Anatomie et de la Physiologie de MM. Robin et Pouchet, 1880.

Pour introduire dans les poumons un volume d'air constant et pour recueillir les gaz expirés, j'emploie deux sacs de caoutchouc A et B, fig. 4,

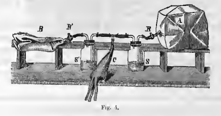


Fig. 4.

munis chacun d'un robinet de laiton R à trois voies; l'un des sacs, A, vidé d'abord avec une trompe aspirante et foulante de H. Sainte-Claire Deville, est rempli de 50 litres d'air insufflés par la m me trompe et mesurés à l'aide d'un compteur à gaz; l'autre sac, B, est vide et destiné à recueillir les gaz expirés. Entre les deux sacs on a disposé deux soupapes à eau de Regnault ou de Muller, permettant l'une, S, l'inspiration, l'autre, S', l'expiration. Une muselière de caoutchouc appliquée exactement avec des liens sur la tête d'un chien est fixée sur un tube en T qui réunit les deux soupapes; l'animal inspire d'abord l'air extérieur et fait les expirations dans l'air, on tourne les deux robinets et l'inspiration se fait en A, l'expiration en B; on compte le temps que 50 litres d'air mettent à circuler dans les poumons.

Le dosage de l'acide carbonique se fait par la pesée de tubes absorbants contenant de la potasse et de l'acide sulfurique représentés par la figure 6, à travers lesquels l'air expiré est contraint de passer à l'aide d'une trompe de Golaz, d'un réservoir à vide partiel pourvu d'un régulateur d'aspiration, M.

Ce procédé de dosage est très exact et d'un emploi facile, il a donné un grand nombre de résultats intéressants :

Un chien du poids de 9 kil. a exhalé 2 gr. 747 d'acide carbonique en vingt minutes.

Un lapin du poids de 3 kil. 105 gr. a exhalé 2 gr. 423 d'acide carbonique en un temps plus long, en 51 m. 30 s. Si l'on cherche ce que les deux animaux ont exhalé par kilogramme et par minute, on trouve exactement le même nombre, 0 gr. 015.

Chez un homme, 50 litres d'air ont enlevé aux poumons en six minutes 3 gr. 333 d'acide carbonique.

Si l'on ajoute à l'air qui est inspiré un certain volume d'acide carbonique, l'exhalation de ce gaz diminue.

En faisant inspirer successivement à un chien 50 litres d'un mélange d'air et de 1 l., 2 l., 3 l., 4 l. d'acide carbonique, j'ai reconnu que le poids d'acide carbonique exhalé qui était 2 gr. 747 lorsque l'animal respirait de l'air pur, descendait à 1 gr. 72, 1 gr. 445, 0 gr. 353, — 0 gr. 765; dans la dernière expérience, il y eut absorption d'acide carbonique par les poumons et il n'y eut pas d'exhalation.

J'ai démontré par le même procédé que dans l'air qui renferme $\frac{1}{100}$ d'acide carbonique, l'exhalation de ce gaz est sensiblement diminuée.

Quand on produit une inflammation de la muqueuse pulmonaire en faisant respirer à un chien de l'air qui a traversé une solution d'acide sulfureux dans l'eau, les dosages montrent que le poids d'acide carbonique exhalé diminue notablement.

Recherches de Physiologie pathologique sur la respiration.

En commun avec M. Quinquaud. (*Journal de l'Anatomie et de la Physiologie*, 1882.)

J'ai entrepris un grand nombre de recherches par mon procédé avec M. Quinquaud; nous nous sommes servi d'un compteur à gaz dont nous avons vérifié l'exactitude avec un manchon de verre mesurant exactement cinq litres (fig. 5). Pour absorber l'acide carbonique nous avons pris des flacons de Durand contenant les uns de l'acide sulfurique et les autres une solution concentrée de potasse; les flacons étaient réunis par des tubes en V renversés qui s'opposent à l'absorption (figure 6).

Nous avons produit chez des animaux des lésions du parenchyme pul-

monaire en injectant une solution de nitrate d'argent dans les bronches par la trachée et une inflammation des plèvres en injectant de l'huile dans la cavité pleurale, et nous avons reconnu que les lésions obtenues expérimentalement diminuent la quantité d'acide carbonique exhalé.

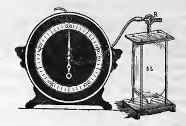


Fig. 5.

Lorsque la lésion diminue ou passe à l'état chronique, la quantité de l'acide carbonique exhalé s'accroît. Au moment où la guérison est complète, cette quantité remonte au chiffre physiologique. On possède ainsi une mesure pour apprécier quel est l'état de la lésion viscérale.

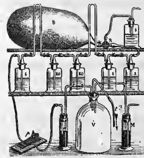


Fig. 6.

Le mécanisme de cette diminution d'acide carbonique exhalé ne consiste pas en une sorte de barrage pulmonaire ; la lésion retentit probablement par

l'intermédiaire du système nerveux sur les éléments de l'organisme pour produire des diminutions de la nutrition générale : les dosages des gaz du sang avant, pendant et après, plaident en faveur de cette pathogénie.

Les dosages faits chez des malades ont montré :

1° Que la pleurésie avec épanchement, fébrile ou non, détermine une diminution considérable de l'acide carbonique éliminé. Après la thoracentèse, la quantité de l'acide carbonique rejeté s'accroît. La résolution s'annonce toujours par une augmentation de l'acide carbonique exhalé.

2° En mesurant l'élimination de l'acide carbonique, il est possible de savoir si la médication suivie est efficace ou sans effet.

3° Lorsque des accidents broncho-pulmonaires se produisent dans la pleurésie, le dosage de l'acide carbonique les traduit aussitôt par une décroissance dans l'exhalation.

4° L'emphysème pulmonaire amène également une diminution de l'acide carbonique rejeté.

5° Il en est de même dans les cas de pneumonie lobaire aiguë et de broncho-pneumonie ; on est averti de la résolution de la maladie par l'augmentation de l'acide carbonique exhalé.

Ce procédé d'investigation permet donc de reconnaître avec une grande précision comment le poumon fonctionne, fait important en clinique au point de vue du diagnostic et du pronostic.

Recherches sur la respiration des poissons.

Comptes rendus de l'Académie des sciences, 1872.

Les expériences faites par de Humboldt et Provençal sur la respiration des poissons ont établi que ces animaux absorbent de l'oxygène et qu'ils exhalent de l'acide carbonique.

Chez des tanches privées de vessie natatoire, l'absorption d'oxygène et d'azote fut trouvée considérable, mais la production de l'acide carbonique fut trouvée nulle. En voulant contrôler ce résultat, je fus conduit à reprendre l'étude de la respiration des poissons et j'ai utilisé pour cet objet la pompe à mercure et l'appareil simple d'extraction des gaz du sang que j'emploie depuis plusieurs années.

Un litre d'eau de Seine introduit dans mon appareil a fourni :

Oxygène	6,06
Azote	13,5
Acide carbonique . .	34,9

c'est-à-dire quarante fois plus d'acide carbonique que de Humboldt et Provençal n'en obtenaient par l'ébullition de l'eau dans un ballon.

Deux tanches ont été placées pendant une heure dans 10 k. 7 d'eau de Seine, on a trouvé par litre d'eau :

Oxygène	1
Azote	14,5
Acide carbonique . . .	40,2

Ainsi les poissons ont absorbé 5 c. c. d'oxygène et ils ont exhalé 5 c. c. 3 d'acide carbonique.

Une tanche privée de sa vessie natatoire placée dans l'eau de Seine absorba 7 c. c. 4 d'oxygène par litre d'eau, exhala 10 c. c. d'acide carbonique. Les poissons peuvent enlever à l'eau la totalité de l'oxygène dissous, ils peuvent même enlever l'oxygène à l'hémoglobine du sang, ce que démontrent les expériences comparatives suivantes : Une carpe pesant 618 grammes fut placée dans 3 l. 6 d'eau de Seine, elle mourut asphyxiée au bout de huit heures quarante-cinq minutes; l'eau ne contenait plus d'oxygène.

Une autre carpe du poids de 688 gr. fut placée dans 3 l. 6 d'un mélange de $\frac{1}{5}$ de sang de bœuf défibriné et oxygéné et de $\frac{4}{5}$ d'eau de Seine; ce poisson vivait encore dix-neuf heures après et le mélange de sang et d'eau renfermait encore un peu d'oxygène. Les globules rouges du sang de poisson peuvent donc enlever l'oxygène à l'hémoglobine du sang d'un autre animal.

Le mode de respiration du fœtus dans le placenta maternel, chez les mammifères, paraît comparable au mode de respiration d'un poisson dont les branchies plongeraient dans un milieu sanguin.

De l'asphyxie et de la cause des mouvements respiratoires chez les poissons.

En commun avec le Dr Picard, *Comptes rendus de l'Académie des sciences.* 1873.

De Humboldt et Provençal, dans leurs célèbres recherches sur la respi- ration des poissons, ont établi le fait suivant : si l'on place un poisson dans l'eau privée de gaz par l'ébullition, le temps qui s'écoule jusqu'à l'arrêt complet des mouvements respiratoires pris comme signe de l'asphyxie est très variable.

Dans de l'eau privée complètement de gaz par la pompe à mercure, nous avons reconnu la variabilité indiquée par de Humboldt et Provençal. Il faut donc chercher dans l'animal lui-même la condition qui fait que certains poissons résistent plusieurs heures, tandis que d'autres meurent au bout de quelques minutes dans l'eau privée de gaz.

Nous avons reconnu que chez un poisson asphyxié une première fois, l'arrêt des mouvements respiratoires survient toujours dès les premières minutes qui suivent sa réintroduction dans l'eau privée de gaz, même si plusieurs heures s'écoulent entre les deux expériences.

Quand dans l'eau privée de gaz les mouvements respiratoires sont arrêtés, si l'on introduit une bulle d'oxygène ou 1 c.c. d'eau aérée, on voit les mouvements respiratoires se rétablir au bout d'une minute ou deux.

Si un poisson asphyxié est placé dans l'eau aérée le museau maintenu hors de l'eau, les mouvements respiratoires ne reprennent pas, mais ils reprennent aussitôt que l'extrémité du museau est mise en contact avec le liquide. Il faut donc, pour que ces mouvements s'établissent, qu'il y ait une excitation périphérique, produite par l'eau dans une région localisée auprès de l'orifice buccal.

Expérience de Priestley répétée avec des animaux et des végétaux aquatiques.

Comptes rendus de l'Académie des sciences, 1886.

On prend deux éprouvettes à pied d'une capacité de un litre environ, que l'on remplit d'eau ordinaire et qui reçoivent chacune un poisson ; on

a choisi deux cyprins de même volume. Dans l'une des éprouvettes, on introduit en même temps de 15 gr. à 20 gr. de feuilles de Potamogeton lucens bien vertes; les récipients remplis d'eau sont fermés par des membranes de caoutchouc : on les immerge horizontalement dans un aquarium de verre traversé par un courant d'eau froide et on les expose au soleil. Au bout d'un temps variable qui dépend du volume des poissons et de la température, au bout de 5 heures dans mes expériences, l'un des poissons, celui qui est placé dans l'eau pure, perd l'équilibre, se dispose horizontalement ou tourne sur son axe; c'est un signe de l'asphyxie; si l'on fait alors l'extraction des gaz de l'eau, à l'aide de la pompe à mercure, on trouve que les gaz ne renferment plus trace d'oxygène. L'autre poisson, au contraire, continue à nager au milieu des feuilles; des bulles de gaz libre se sont dégagées dans l'éprouvette; on extrait les gaz de l'eau. Après avoir absorbé l'acide carbonique, qui est en quantité moindre que dans l'expérience précédente, on trouve dans le mélange d'azote et d'oxygène, jusqu'à 30 p. 0/0 d'oxygène : ce poisson est placé dans les meilleures conditions physiologiques.

Nouvel appareil pour l'étude de la respiration des animaux et les végétaux aquatiques.

Comptes rendus de la Société de biologie, 1886.

Au lieu de faire circuler un volume connu d'oxygène dans un volume d'eau limité, je fais circuler dans le récipient plein d'eau qui contient les poissons ou les plantes un courant d'eau provenant d'un flacon de Mariotte d'une capacité de 10 litres, et je recueille l'eau dans un sac de caoutchouc; je fais ensuite l'extraction des gaz contenus dans l'eau employée et dans l'eau qui a servi à la respiration ; c'est là uue autre solution du problème qui a été déjà résolu par MM. Jolyet et Regnard. J'ai fait sur une tanche deux expériences successives : j'ai mesuré d'abord le volume d'acide carbonique produit et le volume d'oxygène absorbé à l'état normal, puis j'ai excité le poisson par des décharges électriques répétées 16 fois par minute et pendant un quart d'heure, j'ai reconnu ainsi que le poisson qui était soumis à des contractions musculaires énergiques et fréquentes a dégagé trois ou quatre fois plus d'acide carbonique et a emprunté à l'eau trois ou quatre fois plus d'oxygène que pendant la période de repos.

Cette expérience démontre chez les poissons ce fait si bien établi par l'illustre Lavoisier, c'est qu'un homme qui produit un travail mécanique absorbe beaucoup plus d'oxygène et dégage beaucoup plus d'acide carbonique qu'un homme à jeun.

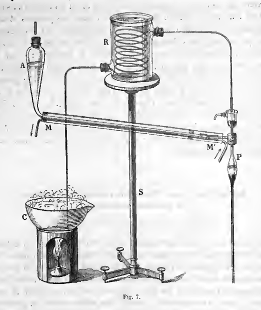


Fig. 7.

Extraction et composition des gaz contenus dans les feuilles aériennes et dans les feuilles aquatiques.

En commun avec M. Peyrou. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1885.

Nous avons appliqué à l'extraction des gaz des feuilles une pompe à mercure munie d'un récipient spécial, appareil qui diffère peu de celui que l'un de nous a depuis longtemps fait connaître et qui est employé dans les laboratoires de physiologie pour l'extraction des gaz du sang. Le récipient

(fig. 7), formé d'un long tube enveloppé d'un manchon réfrigérant, est terminé par une allonge courbe de la contenance de un litre environ, dont l'ouverture peut être fermée par un bouchon de caoutchouc. On soulève le récipient au-dessus de l'horizon pour que l'allonge soit maintenue verticalement; on fait bouillir dans une capsule de porcelaine 3 litres d'eau distillée pendant une demi-heure et on conduit l'eau à travers un long serpentin de cuivre rouge enveloppé d'un courant d'eau froide, qui plongeant dans l'eau bouillante par un bout est uni par l'autre bout avec le robinet de la pompe à mercure. On fait manœuvrer celle-ci pour aspirer l'eau privée de gaz et pour l'introduire après refroidissement dans la chambre barométrique, puis dans le récipient, jusqu'à ce que l'eau se déverse à la partie supérieure de l'allonge.

C'est dans ce milieu complètement privé de gaz que nous immergeons successivement de 50 gr. à 100 gr. de feuilles, aussitôt qu'elles ont été détachées de la plante; nous fermons le récipient avec un bouchon de caoutchouc, nous extrayons une partie de l'eau avec la pompe et nous retournons le récipient dans un bain d'eau à 50° pour recueillir d'abord les gaz dans une première cloche; nous chauffons ensuite à 100° et nous obtenons encore des gaz qui sont reçus dans une deuxième cloche.

100 grammes de feuilles ont donné :

ÉTAT DU TEMPS	NOM DE LA PLANTE	GAZ OBTENU A 50°			PROPORTION D'OXYGÈNE DANS LE MÉLANGE D'AZOTE ET OXYGÈNE	GAZ OBTENU A 100°		
		CO^2	O	Az		CO^2	O	Az
Temps couvert.	Saxifrage orné.	6,65	4,6	26,9	14,6 p. 0/0	10,1	Trace.	0,2
Soleil.	*Id.*	8,5	2,7	27,2	8,9 —	10,9	0	0,3
Soleil.	Platane.	30,8	·0,16	16,2	1 —	6,6	0	Trace.
Soleil.	Lilas.	20,1	0,25	23,2	1,1 —	68,4	Trace.	0,3
Soleil et nuages.	Nymphæa alba.	29,8	4	60,1	6,2 —	60,4	0	0,3
Temps couvert.	Lemna (lentilles d'eau).	10,4	0,9	25,3	3,4 —	10	0	0,1
Soleil.	*Id.*	7,6	1,5	21,8	6,6 —	11,2	Trace.	0,1
Temps couvert.	Potamogeton lucens.	7,1	0,26	7,1	3,6 —	14,1	—	Trace.
Soleil.	*Id.*	9,1	0,8	10,8	6,9 —	19,2	—	0,1
Temps couvert.	Spirogyra quinina (algue).	4,1	0,35	6,8	4,9 —	29,4	0	0,5

En examinant ces résultats, ce qui frappe surtout l'attention, c'est que les gaz extraits des feuilles à 50° renferment toujours moins d'oxygène que l'air atmosphérique et contiennent une grande proportion d'acide carbonique, tandis qu'à 100° on extrait encore beaucoup d'acide carbonique, peu d'azote et une trace d'oxygène.

TROISIÈME SECTION

SÉCRÉTION

Recherches physiologiques sur l'excrétion de l'urée par les reins.

Thèse de Doctorat ès sciences naturelles, Masson, 1870.

Prévost et Dumas ont montré que l'ablation des reins est suivie de l'accumulation de l'urée dans le sang; des expériences faites par M. Zalesky montrèrent que chez le chien l'accumulation de l'urée dans le sang eut lieu après la ligature des uretères et non après la néphrotomie, et conduisirent ce physiologiste à l'idée que l'urée se forme dans les reins et non pas dans les tissus, idée qui est tout à fait en désaccord avec les résultats obtenus par Prévost et Dumas. Cette contradiction m'a décidé à entreprendre de nouvelles expériences sur ce sujet important.

J'ai cherché d'abord à établir un procédé exact de dosage de l'urée dans le sang. Je fais d'abord un extrait alcoolique du sang; le résidu de l'évaporation de la solution alcoolique est dissous dans l'eau et introduit dans le récipient représenté par la figure 8; on fait le vide à l'aide de la pompe à mercure pour extraire les gaz simplement dissous, puis on fait pénétrer dans le liquide qui contient l'urée en solution un réactif obtenu en jetant dans l'acide nitrique un globule de mercure; le liquide vert produit par la dissolution du bioxyde d'azote dans l'acide nitrique décompose aussitôt l'urée en volumes égaux d'acide carbonique et d'azote, qui sont mélangés avec un excès de bioxyde d'azote. Les gaz sont recueillis sur le mercure, l'acide carbonique est absorbé par la potasse, le bioxyde d'azote par une solution de sulfate de protoxyde de fer, l'azote reste; l'égalité des volumes d'azote et d'acide carbonique caractérise l'urée et 1 c. c. de l'un ou de l'autre gaz ramené sec à 0° et à la pression de 760 mm. représente 2 milligr. 683 d'urée pure.

En appliquant ce procédé, qui est très exact, je suis arrivé aux conclusions suivantes :

1° 25 grammes de sang suffisent pour un dosage exact.

2° Aussitôt après la néphrotomie, chez le chien à jeun, l'urée commence à s'accumuler dans le sang, et cette accumulation est déjà manifeste trois heures après l'opération.

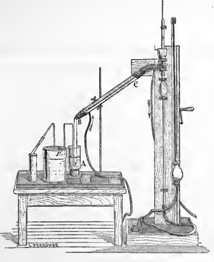


Fig. 8.

3° L'accroissement du poids de l'urée dans le sang et dans la lymphe, vingt-quatre heures après la néphrotomie, est égal au poids de cette substance que l'animal sain, à jeun, aurait excrété en vingt-quatre heures.

4° L'accumulation de l'urée dans le sang, pendant les heures qui suivent l'ablation des reins, suit la même marche qu'après la ligature des uretères; les lignes qui représentent les résultats des deux opérations s'élèvent au-dessus de la ligne des abscisses et restent sensiblement parallèles,

5° Dans les conditions normales, le sang de la veine rénale contient toujours moins d'urée que celui de l'artère.

6° Chez un animal qui a subi la ligature des uretères, vingt-quatre heures après l'opération, le sang veineux rénal contient autant d'urée que le sang artériel; ainsi le rein n'excrète plus d'urée et son tissu n'en forme pas.

7° La ligature des uretères et la néphrotomie sont deux opérations identiques quant à leurs résultats, elles suppriment toutes deux la fonction éliminatrice des reins et n'apportent aucun obstacle à la formation de l'urée, qui a lieu dans les tissus en dehors des reins.

Sur l'activité physiologique des reins.

Comptes rendus de la Société de Biologie, 1879.

Pour étudier l'activité physiologique des reins ou le pouvoir éliminateur de ces organes, j'ai cherché le rapport qui existe entre la quantité d'urée contenue dans l'urine et celle qui est contenue dans un volume égal de sang artériel; la mesure de ce rapport suppose que le procédé de dosage de l'urée que j'emploie, appliqué au sang qui renferme une très petite proportion de cette substance, est aussi exact que le procédé de dosage de l'urée dans l'urine. Le réactif préparé en faisant dissoudre un gramme de mercure dans 10 c. c. d'acide nitrique peut décomposer 273 milligrammes d'urée.

Des solutions d'urée de plus en plus diluées ont donné des volumes d'acide carbonique et d'azote proportionnels aux quantités d'urée.

Le réactif chauffé dans l'eau à 100° perd son activité.

Chez un chien on a trouvé dans l'urine 285 fois plus d'urée que dans le même volume de sang artériel;

Chez un autre chien, 444 fois; chez un 3e, 315 fois. Chez un lapin on a trouvé 208 fois plus d'urée dans l'urine que dans le sang.

Ces résultats démontrent que l'activité physiologique des reins est très grande, puisque ces organes séparent du sang un liquide contenant de 200 à 440 fois plus d'urée que le sang n'en contient.

Nouvelles recherches sur le lieu de formation de l'urée.

En commun avec M. Quinquaud.

A l'aide du procédé de dosage de l'urée décrit ci-dessus, nous avons comparé le poids d'urée contenue dans le sang des veines sus-hépatiques aspiré à l'aide d'une longue sonde introduite par la veine jugulaire, la veine cave inférieure étant comprimée au-dessus des reins, avec le poids d'urée contenu dans le sang artériel; nous avons trouvé que 100 grammes de sang des veines sus-hépatiques contenaient 66 milligrammes d'urée, tandis quo 100 grammes de sang de l'artère carotide contenaient 56 m. 9; la différence est est égale à 9 m. 1.

Il résulte des nombreuses expériences comparatives que nous avons faites que le sang des veines sus-hépatiques, des veines spléniquos et celui de la veine porte contiennent toujours plus d'urée que le sang artériel pris dans l'artère carotide, d'où nous pouvons conclure que les viscères abdominaux sont le siége d'une formation continue d'urée.

Nous n'avons pas pu constater dans le sang qui revient de la tête et des membres une différence notable en le comparant au sang artériel. Quant au chyle mélangé de lymphe que nous avons recueilli dans le canal thoracique, après la section du bulbe, en pratiquant la respiration artificielle, nous l'avons toujours trouvé plus riche en urée que le sang artériel et que le sang veineux.

Une différence même très faible entre deux échantillons de sang pesant chacun 25 grammes, recueillis pendant une minute, ne s'élèverait-elle qu'à un milligramme, donnerait pour vingt-quatre heures une production d'urée égale à 1 gr. 440.

L'excitation du foie par l'électricité augmente-t-elle la quantité d'urée contenue dans le sang.

En commun avec M. Mislawsky.

Comptes rendus de l'Académie des sciences, 1887.

Dans un travail publié en 1879, M. Stolnikow affirme que l'électrisation de la peau dans la région du foie chez l'homme et que l'électrisation directe

du foie chez les chiens augmentent considérablement l'excrétion de l'urée. Chez un chien le chiffre de l'urée excrétée en un jour est monté de 30 grammes à 50 grammes. Nous avons cherché si le sang des veines sus-hépatiques contient plus d'urée lorsque l'on excite le foie par l'électricité.

Nous avons trouvé que le sang des veines sus-hépatiques ne présente aucun changement en poids de l'urée après l'excitation électrique du foie; les variations en quantité du chiffre de l'urée ont été observées seulement dans le sang artériel.

Nous avons recueilli à l'aide de fistules les volumes de bile et d'urine sécrétés avant et pendant l'excitation, ces volumes n'ont pas changé.

Par conséquent l'excitation du foie ne paraît avoir aucune influence sur la production de l'urée dans cet organe, et les variations dans le chiffre de l'urée excrétée en 24 heures qui ont été indiquées par M. Stolnikow tiennent à une autre cause qu'il s'agit de rechercher.

Recherches sur les formiates introduits dans l'organisme.

En commun avec M. Quinquaud. (*Archives de Physiologie*, 1887.)

Avant de chercher ce que devient un formiate injecté dans le tube digestif ou dans le sang d'un animal, nous avons établi un procédé de dosage aussi exact que possible; après un grand nombre d'essais, nous nous sommes arrêtés aux trois opérations suivantes, qui nous ont donné d'excellents résultats :

1° Distillation dans le vide et au bain-marie de 50 c. c. du liquide organique renfermant le formiate; on verse dans ce liquide 6 c. c. d'acide sulfurique monohydraté : la distillation dans le vide produit par la pompe à mercure est continuée jusqu'à ce que l'acide seul reste dans le ballon à long col (fig. 9).

2° Neutralisation du liquide distillé et contenant l'acide formique; évaporation réduisant le volume à 5 c. c. ou à 10 c. c.

3° Décomposition du formiate par l'acide sulfurique à l'aide d'un appareil spécial; nous avons pris un ballon de verre dont le col est fermé par un bouchon de caoutchouc à trois trous : l'un est traversé par un tube de sûreté, dont la boule est à moitié pleine d'acide sulfurique; l'autre, par un tube

abducteur qui plonge dans une cuve à eau; le troisième, par une burette graduée et à robinet de verre contenant de l'acide sulfurique (fig. 10).

On introduit dans le ballon les 5 c. c. ou 10 c. c. du liquide qui est une solution de formiate; on fait traverser l'appareil par un courant d'acide carbonique, afin de chasser l'air; puis on place au-dessus du tube abducteur une éprouvette graduée pleine d'eau pour recueillir les gaz; on fait écouler dans le ballon 10 c. c. ou 20 c. c. d'acide sulfurique, volume

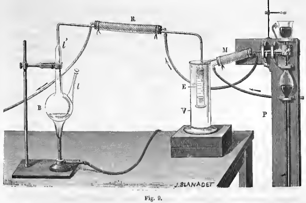


Fig. 9.

double de celui du liquide introduit; on chauffe jusqu'à cessation du dégagement gazeux.

Le gaz recueilli est agité avec une solution de potasse qui absorbe l'acide carbonique; on absorbe ensuite l'oxyde de carbone résultant de la décomposition du formiate, à l'aide d'une solution de protochlorure de cuivre dans l'acide chlorhydrique. En opérant ainsi avec 1 gr. de formiate de soude dissous dans 50 c. c. d'eau, nous avons trouvé 204 c. c. d'oxyde de carbone.

D'autre part, si l'on distille 50 c. c. d'urine normale de chien avec 6 c. c. d'acide sulfurique monohydraté, on obtient par notre procédé 2 c. c. d'oxyde de carbone, tandis que 50 c. c. d'urine normale, additionnés de 1 gramme de formiate de soude et soumis au même traitement, donnent le même volume de gaz qu'une solution faite dans l'eau pure.

Nous appuyant sur ces données, nous avons fait de nombreuses séries

d'expériences sur le modèle des suivantes : nous avons injecté dans l'estomac d'un chien 5 grammes de formiate de soude dissous dans 100 gr. d'eau distillée; puis l'animal a été placé pendant trois jours dans une cage à urines; celles-ci recueillies et soumises aux trois opérations de notre procédé nous ont donné un volume d'oxyde de carbone égal à 688 c. c. correspondant à 3 gr. 37 de formiate de soude.

De plus, nous avons injecté dans la veine jugulaire d'un chien 20 c. c.

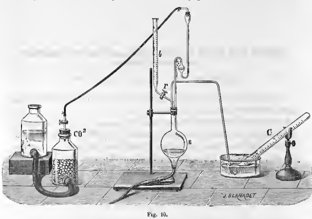


Fig. 10.

d'eau distillée contenant en solution 4 grammes de formiate de soude; les urines recueillies 48 heures après ont donné 453 c. c. 7 d'oxyde de carbone, correspondant à 2 gr. 22 de formiate; deux jours après, on a obtenu encore 40 c. c. d'oxyde de carbone qui correspondent à 27 centigrammes de formiate, ce qui fait en tout 2 gr. 49 de formiate éliminé par les urines; pendant plusieurs jours encore on a retrouvé des traces de formiate dans le liquide urinaire.

Nous concluons de ces analyses que le formiate de soude, injecté dans les voies digestives ou dans le sang, passe en majeure partie dans les urines sans éprouver la moindre décomposition.

En outre, d'autres expériences nous ont fait constater que ces mêmes urines ne contiennent pas de carbonates en excès.

QUATRIÈME SECTION

SYSTÈME NERVEUX

Influence de la section des nerfs pneumogastriques sur l'exhalation de l'acide carbonique.

Comptes rendus de la Société de biologie, 1882.

La section d'un seul nerf pneumogastrique n'a nullement modifié l'exhalation de l'acide carbonique par les poumons.

6 mois après, on fit chez le même animal la section du second nerf pneumogastrique, on obtint les mêmes nombres, 2 gr. 72, 2 gr. 74, 2 gr. 62 pour les quantités d'acide carbonique exhalé dans 50 litres d'air, nombres presque identiques à ceux qui ont été obtenus dans la première série d'expériences, seulement la circulation de l'air dans les poumons a duré 14 minutes au lieu de 8 minutes; il y eut un ralentissement considérable des mouvements respiratoires.

Influence de la section de la moelle cervicale sur l'exhalation pulmonaire de l'acide carbonique.

En commun avec M. Quinquaud.

Comptes rendus de la Société de biologie, 1882.

Lorsqu'on sectionne la moelle épinière au-dessous du centre moteur des mouvements respiratoires, il se produit, comme l'a montré l'illustre physiologiste Claude Bernard, un abaissement très marqué de la température, de sorte que les animaux à sang chaud, après cette section, deviennent semblables à des animaux à sang froid.

Avant l'expérience, la température du chien était 40°. Dans 50 litres d'air expiré en 11 m. 30 secondes, on a trouvé 2 gr. 47 d'acide carbonique ; on fit la section de la moelle à la partie inférieure du cou ; l'animal étant paralysé complètement du train postérieur, la température, une heure après la section, était descendue à 38°,5. Une seconde prise d'air expiré a donné 1 gr. 73 d'acide carbonique exhalé en 12 m. 45 secondes dans 50 litres d'air, ou 0 gr. 74 d'acide carbonique en moins. Le lendemain, 21 heures après la section, la température rectale était 25° ; 50 litres d'air ont circulé à travers les poumons en 31 minutes et ils ne renfermaient que 0 gr. 82 d'acide carbonique. Ainsi la production de ce gaz était bien diminuée ; en 31 minutes, l'animal, à l'état sain, aurait exhalé 6 gr. 07 d'acide carbonique ou 7 fois plus que le nombre trouvé, ce qui rend compte de l'abaissement de température si considérable qui a été observé.

Mode nouveau d'administration du chloroforme dans les expériences physiologiques.

Comptes rendus de la Société de biologie, 1874.

Je fais respirer l'animal dans un sac de caoutchouc contenant un mélange d'air et de vapeur de chloroforme. La quantité de chloroforme doit être proportionnée au poids de l'animal : pour un chien de 10 kilogrammes, j'ai introduit dans un sac de caoutchouc, renfermant 100 litres d'air, 20 grammes de chloroforme ; l'animal présente d'abord un peu d'excitation, puis au bout de 5 à 10 minutes l'anesthésie est complète ; on peut la maintenir pendant une heure en continuant à faire respirer le chien dans le même sac.

Si, pour un chien de même poids, on n'introduit que 10 grammes de chloroforme, l'anesthésie ne se produit pas, on n'obtient que la période d'excitation.

Si, au contraire, on emploie des doses plus considérables, l'animal peut succomber.

Il existe donc pour un animal donné une proportion qu'il faut atteindre, mais qu'il ne faut pas dépasser. Cette proportion étant employée, la quantité de chloroforme qui passe dans le sang se trouve être à la dose convenable pour produire l'anesthésie ; et si cette anesthésie se maintient, c'est

qu'il s'établit un équilibre entre la quantité de chloroforme contenue dans le sang et celle qui est contenue dans le sac, l'animal absorbant autant de chloroforme qu'il en exhale.

Les sacs de caoutchouc subissant au contact du chloroforme des altérations passagères, j'ai fait construire une grande cuve en zinc de la dimension de 600 litres, fermée par un couvercle à rebord plongeant dans une rainure pleine d'eau; dans ce vaste récipient on compose à l'avance le mélange de chloroforme et d'air.

Anesthésie chloroformique.

En commun avec M. Quinquaud.
Comptes rendus de la Société de biologie, 1883.

Pour composer des mélanges à 10 grammes de chloroforme pour 100 litres d'air, mélanges qui d'après les recherches de P. Bert permettent d'obtenir une anesthésie prolongée, nous nous sommes servi d'une grande cuve de bois doublée de zinc supportée par des tréteaux en dehors du laboratoire; elle présente sur deux faces opposées deux tubes munis de gros robinets que l'on peut ouvrir ou fermer à volonté. Un couvercle plan portant en son milieu une tubulure est doublé d'une feuille de zinc, qui a été recourbée sur tout le contour à angle droit et qui peut s'engager dans une rainure profonde de 10 centimètres soudée à la périphérie de la grande cuve; cette rainure est remplie d'eau.

On verse par la tubulure du couvercle 42 c. c. de chloroforme dans la cuve qui contient 620 litres d'air; la densité du chloroforme étant 1,5, cela fait 62 grammes de chloroforme qui se volatilisent dans l'air de la cuve; on attend un certain temps que la vaporisation soit complète, on fixe une muselière sur la tête d'un chien et, à l'aide de deux soupapes à eau offrant une faible résistance, on fait inspirer dans la cuve et expirer au dehors. Pour remplacer l'air inspiré et pour maintenir une composition constante du mélange, on unit le robinet opposé de la cuve à un flacon barboteur dans lequel on a versé 10 grammes de chloroforme (6 c. c. 6) et on dispose un compteur à gaz que traverse l'air aspiré. On renouvelle le même poids de chloroforme chaque fois que 100 litres d'air ont traversé le compteur. Nous avons obtenu ainsi une anesthésie très prolongée.

Anesthésie des rongeurs par l'acide carbonique.

Comptes rendus de l'Académie de médecine, 1887.

On sait que M. Ozanam a indiqué un moyen d'anesthésier les lapins en leur faisant respirer un mélange non titré d'acide carbonique et d'air, mélange dans lequel l'acide carbonique diminue la proportion relative de l'oxygène.

Paul Bert s'est servi de mélanges titrés d'acide carbonique et d'oxygène; un mélange à 40 p. 0/0 d'acide carbonique a produit chez le chien l'anesthésie au bout de cinq minutes.

Chez le lapin qui meurt souvent quand on emploie le chloroforme, je me sers d'un mélange à 45 p. 0/0 d'acide carbonique, contenant autant d'oxygène que l'air atmosphérique et qui est formé de 105 litres d'acide carbonique, de 100 litres d'air et de 28 l. 3 d'oxygène; l'insensibilité complète de la cornée est obtenue en deux minutes chez l'animal qui respire dans un grand sac de caoutchouc, à l'aide d'une muselière de caoutchouc et de soupapes à eau.

L'anesthésie peut être maintenue une heure ou deux heures, mais j'ai observé souvent que l'animal, dont la température s'abaisse pendant l'anesthésie, meurt subitement quand on lui fait respirer de l'air pur.

J'ai démontré que, pendant l'anesthésie profonde produite par l'acide carbonique, l'oxygène est encore absorbé en petite quantité par les poumons, tandis que l'acide carbonique n'est point ou presque point exhalé; il s'accumule dans les tissus, comme P. Bert l'a démontré directement.

Sur les accidents mortels qui peuvent survenir à la suite de l'anesthésie par l'acide carbonique.

Comptes rendus de la Société de biologie, 1887.

Lorsqu'on soumet des lapins à l'anesthésie par un mélange à 45 0/0 d'acide carbonique, il arrive fréquemment que l'animal qui a été anesthésié pendant une heure ou plus meurt subitement par arrêt des mouvements respiratoires quelques minutes après qu'il a été replacé dans l'air pur. Ce

phénomène, dont je n'ai pas encore trouvé l'explication, n'est pas constant, il y a sous ce rapport chez les animaux de grandes différences individuelles; ainsi chez un lapin l'anesthésie a été maintenue pendant trois heures et l'animal a survécu, tandis qu'un autre lapin anesthésié pendant un quart d'heure devant les membres de la Société de biologie est mort quelques minutes après avoir été replacé à l'air. Il résulte de ces faits qu'il faut bien se garder d'employer chez l'homme l'acide carbonique comme anesthésique général.

Voix artificielle chez les animaux.

Comptes rendus de la Société de biologie, 1874.

Chez un chien, on découvre la trachée à la partie inférieure du cou; deux tubes sont fixés dans ce conduit, l'un du côté des poumons, l'autre du côté du larynx; si l'on souffle de l'air vers le larynx, soit à l'aide de la bouche, soit à l'aide d'un réservoir à air comprimé, on n'obtient pas de son; mais si l'on excite par la pince électrique en même temps les bouts périphériques des deux nerfs récurrents sectionnés et rapprochés à l'aide de fils, le passage de l'air met aussitôt les cordes vocales en vibration; il est utile d'exciter les nerfs avec des courants induits faibles; si l'on emploie des courants énergiques, on détermine l'occlusion complète de la glotte, qu'il est alors difficile de faire vibrer.

CINQUIÈME SECTION

TOXICOLOGIE

Note sur l'aconitine cristallisée.

En commun avec M. Duquesnel. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1871.

On injecte sous la peau du dos d'une grenouille $\frac{1}{20}$ de milligramme d'aconitine, on voit que, trente minutes après l'injection, le nerf sciatique a complètement perdu sa motricité, le cœur continue à battre.

On injecte chez une grenouille un milligramme de ce poison ; une minute après, la circulation était déjà ralentie dans les artères de la membrane interdigitale; elle était arrêtée au bout de trois minutes; les nerfs moteurs étaient encore excitables, le cœur ayant été arrêté primitivement, l'aconitine n'avait pas pu être transportée aux extrémités des nerfs moteurs pour les paralyser.

Chez un lapin, un milligramme d'aconitine fut injecté sous la peau et après une demi-heure de respiration artificielle on reconnut que le nerf sciatique avait perdu sa motricité.

Il y a une certaine analogie entre l'action de cet alcaloïde et celle du curare, mais il y a une grande différence : l'aconitine arrête le cœur.

Sur l'absorption des vapeurs d'alcool absolu par les poumons.

En commun avec M. Quinquaud.
Comptes rendus de la Société de biologie, 1883.

On a fait respirer pendant 2 heures à un chien de l'air qui traversait de l'alcool absolu maintenu à 15° ; dans une autre expérience, le flacon qui con-

tenait l'alcool absolu fut immergé dans un bain d'eau entre 35° et 40° et l'animal respira l'air chargé de vapeurs pendant 42 m.

Le sang et l'urine renfermaient un peu d'alcool, mais la quantité de ce liquide qui était contenue dans le sang a été insuffisante pour produire l'ivresse.

Quantité d'alcool contenue dans le sang artériel pendant l'ivresse alcoolique.

Comptes rendus de la Société de biologie, 1881.

Dans leur important travail sur le rôle de l'alcool dans l'organisme, MM. Lallemand Perrin et Duroy ont reconnu dans le sang la présence de l'alcool; j'ai essayé de doser exactement l'alcool dans le sang artériel, afin de déterminer quelle est la proportion de ce liquide qui, allant baigner les éléments anatomiques, suffit pour produire et pour maintenir les symptômes de l'ivresse.

J'ai employé un appareil distillatoire semblable à celui qui est représenté par la figure 14, communiquant avec une pompe à mercure. J'ai soumis à la distillation dans le vide un mélange de sang et d'alcool à 1 p. 0/0 et j'ai obtenu un volume de liquide égal à celui de l'alcool employé, dont la densité mesurée par la méthode du flacon était exactement égale à celle de l'alcool étendu. En soumettant à la distillation dans le vide du sang d'un chien qui avait reçu assez d'alcool pour être plongé dans une ivresse profonde, j'ai trouvé que 197 c. c. de sang artériel renfermaient 1 c. c. d'alcool absolu.

Dose toxique de l'alcool dans le sang.

Comptes rendus de la Société de biologie, 1881.

Chez un chien du poids de 10 k. 5, j'ai injecté dans l'estomac de demi-heure en demi-heure 93 gr. 2 d'alcool à 21°; quatre injections furent faites dans la matinée; dans l'après-midi, 3 heures après, l'animal était ivre; on fit encore 4 injections de demi-heure en demi-heure: dix minutes après la quatrième, la respiration s'arrêta.

100 c. c. de sang pris dans la veine cave inférieure furent soumis à la distillation, ils contenaient 1 c. c. d'alcool absolu.

Chez un autre animal de la même espèce, la dose toxique fut trouvée égale à $\frac{1}{110}$; on voit donc que la dose toxique de l'alcool est environ le double de la dose qui produit l'ivresse, et il y a une analogie frappante entre ces résultats et ceux qui ont été obtenus par P. Bert dans le dosage des anesthésiques : « la dose de la vapeur de chloroforme ou d'éther dans l'air expiré par les animaux devient toxique quand elle est double de celle qui produit l'anesthésie ».

Influence de la morphine sur l'exhalation de l'acide carbonique.

Comptes rendus de la Société de biologie, 1882.

Pendant le sommeil profond produit par une injection de 2 centigrammes de chlorhydrate de morphine par kilogramme du poids d'un chien, l'exhalation de l'acide carbonique fut considérablement diminuée. L'animal avant l'injection du poison exhalait 2 gr. 64 d'acide carbonique en 7 m. 35 s.; pendant le sommeil, une demi-heure après l'injection, il exhala 2 gr. 245 seulement en 18 m. 15 s.; à l'état de veille il aurait exhalé pendant ce temps 6 gr. 356 d'acide carbonique, presque le triple du poids trouvé. Si l'on admet, ce qui paraît rationnel, que la quantité d'acide carbonique qui se forme dans tout l'organisme en un certain temps est à peu près égale à celle qui est exhalée par les poumons, dans le même temps, l'activité de la production de l'acide carbonique dans les tissus pendant le sommeil provoqué par la forte dose de morphine que j'ai employée serait donc trois fois moindre que chez l'animal à l'état de veille; cette conclusion ne peut être exacte qu'à une condition : c'est que l'acide carbonique ne s'accumule pas dans le sang ou dans les tissus pendant le sommeil artificiel.

Expériences qui démontrent combien il est dangereux de respirer des vapeurs nitreuses.

En commun avec M. Quinquaud.

Comptes rendus de la Société de biologie, 1884.

On a employé les vapeurs nitreuses pour détruire en temps d'épidémie les germes morbides qui peuvent être contenus dans les bagages des voya-

geurs; il paraît difficile que, dans l'usage de ces vapeurs d'acide hypoazotique, les voyageurs et les employés ne soient point exposés à en respirer.

Rabuteau a signalé le fait d'un ouvrier qui, ayant respiré des vapeurs nitreuses qui s'étaient échappées d'une chambre de plomb, avait quitté son travail, avait éprouvé de l'oppression et était mort au bout de quelques heures. En faisant arriver dans un long tube de verre attaché à une muselière fixée sur la tête d'un chien un courant lent de bioxyde d'azote, on vit l'animal mourir au bout de quelques minutes; un autre animal mourut au bout d'une demi-heure, et on avait consommé de un à deux litres de bioxyde d'azote, qui s'était mélangé avec l'air inspiré, mais qui avait été rejeté en partie au dehors par les mouvements d'expiration.

Sur la rapidité de l'absorption de l'oxyde de carbone par le poumon.

Comptes rendus de l'Académie des sciences, 1870.

Dans une grande cloche tubulée de verre (fig. 11), je compose un mélange de 9 litres d'air et de 1 litre d'oxyde de carbone pur; la tubulure de la cloche est fermée par un robinet à 3 voies sur lequel j'attache une muselière de caoutchouc bien fixée sur la tête d'un chien.

Au commencement d'une minute marquée sur une montre à secondes, on ouvre le robinet de la cloche; aussitôt l'animal respire le mélange toxique; entre la 55e et la 80e seconde, je prends dans l'artère carotide 50 c. c. de sang qui est injecté dans le récipient vide d'un appareil à extraction des gaz du sang; les gaz sont extraits à 40°; puis par l'acide acétique et à 100° on décompose dans le vide l'hémoglobine oxycarbonée et on obtient dans une seconde cloche l'oxyde de carbone, qui est mesuré par l'absorption avec le protochlorure de cuivre dissous dans l'acide chlorhydrique.

Gaz secs à 0° et à la pression de 760 mm.

	Acide carbonique	Azote	Oxygène	Oxyde de carbone
100 c. c. de sang artériel normal	37,6	1,7	16,6	»
100 c. c. de sang intoxiqué	42,4	1,7	6,4	15
Dans une autre expérience :				
Entre la 10e et la 25e seconde	40,5	1,6	14,6	4,3
Entre la 75e et la 90e seconde	44,3	2,8	4	18,4

Ainsi entre une minute quinze secondes et une minute trente secondes, l'oxyde de carbone se trouvait dans le sang artériel en très forte proportion et l'oxygène en petite quantité; l'animal courait un grand danger.

Nous avons de nombreux exemples de mort presque subite survenant chez des ouvriers que leur profession oblige à s'exposer au dégagement des vapeurs délétères, soit dans des puits, soit dans des galeries de mines dont l'air est toxique ou plus ou moins dépourvu d'oxygène.

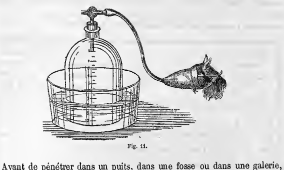


Fig. 11.

Avant de pénétrer dans un puits, dans une fosse ou dans une galerie, l'ouvrier doit introduire une cage renfermant un oiseau ou un petit mammifère; si l'animal laissé dans l'atmosphère confinée pendant une heure résiste à cette épreuve, l'homme peut pénétrer sans crainte; si l'animal succombe, on pratiquera une ventilation énergique jusqu'à ce qu'un autre animal résiste à une nouvelle épreuve. L'emploi de ce moyen pourra préserver l'homme d'accidents trop souvent mortels, comme la lampe de Davy, dans les houillères, a sauvé la vie à un grand nombre de mineurs.

Absorption par l'organisme vivant de l'oxyde de carbone introduit en proportions déterminées dans l'atmosphère.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 1878.

J'ai fait respirer à des animaux des mélanges titrés d'air et d'oxyde de carbone et j'ai mesuré les capacités respiratoires du sang normal et du sang

intoxiqué, et j'ai cherché ensuite par un calcul très simple le rapport qui existe entre le volume d'oxyde de carbone fixé par 100 c. c. de sang et celui du gaz contenu dans 100 c. c. d'air du mélange que l'animal faisait circuler dans ses poumons à l'aide des soupapes à eau.

Un chien qui a respiré un mélange à 1 p. 100 mourut en 22 minutes; les capacités respiratoires du sang normal et du sang intoxiqué étaient 22,1 et 11,4; la différence 10 c. c. 7 indique le volume d'oxyde de carbone qui avait été absorbé par le sang; ce liquide, dans les conditions de l'expérience, avait fixé 11 fois plus d'oxyde de carbone que l'air, à volume égal, n'en contenait. Le tableau suivant indique les résultats obtenus :

Composition du mélange		Proportion de CO.	Durée de l'expérience	Capacités respiratoires		CO fixé par 100 c. c. sang	Rapport entre CO du sang et CO de l'air
Air.	CO.			du sang normal.	du sang intoxiqué.		
198[l]	2[l]	1/100	22m, mort.	22,1	11,4	10,7	11
95,5	0,54	1/185 (Leblanc).	52m, mort.	21,8	6,8	15	28
99,8	0,2	1/500	30m, survit.	24,2	14,2	10	50
109,8	0,2	1/1000	1h 10m, id.	25,5	15,4	10,1	100
190,9	0,1	1/2000	45m, id.	21,8	17,2	4,6	92
199,95	0,05	1/4000	1h, id.	21,1	19,0	1,2	48
199,96	0,04	1/5000	44m, id.	25	21,6	3,4	170

Ces expériences démontrent qu'il faut se garder de faire respirer à l'homme un mélange contenant seulement un millième d'oxyde de carbone, car au bout d'une heure et 10 minutes, chez un chien qui respirait ce mélange, j'ai trouvé que la moitié du sang environ était combinée avec le poison gazeux.

Mesure de la dose toxique de l'oxyde de carbone chez divers animaux.

Comptes rendus de la Société de biologie, 1880.

J'ai composé une série de mélanges d'oxyde de carbone et d'air que j'ai

fait respirer à des animaux, afin de rechercher quelle est la dose toxique de l'oxyde de carbone dans l'air.

Chez un chien il a fallu $\frac{1}{300}$ d'oxyde de carbone pour donner la mort, chez un autre la proportion nécessaire a été $\frac{1}{250}$.

Le lapin, fait remarquable, est beaucoup plus réfractaire que le chien à l'action de l'oxyde de carbone, $\frac{1}{70}$ de ce gaz a été nécessaire chez l'un de ces animaux, $\frac{1}{60}$ chez un autre. Un moineau mourut au bout de 1 h. 41 minutes dans un mélange renouvelé qui renfermait $\frac{1}{500}$ d'oxyde de carbone; chez un autre moineau il a fallu $\frac{1}{450}$.

Une expérience que j'ai appelée l'*expérience des trois animaux* m'a servi à démontrer ces différences : dans un grand sac de caoutchouc on a injecté 198 litres d'air et 2 litres d'oxyde de carbone pur, mélange à 1 0/0. Le sac est muni de deux tubulures, l'une communique avec la muselière fixée sur la tête d'un chien, l'autre avec la muselière fixée sur la tête d'un lapin; en outre un tube en T sert à conduire dans un flacon qui contient un moineau une partie du mélange gazeux que l'on fait respirer en même temps par les trois animaux: le moineau meurt en 4 minutes, le chien en 12 minutes, le lapin résiste; 20 minutes après le début de l'expérience, on le détache, il paraît être à l'état normal.

Dans l'empoisonnement par l'oxyde de carbone, le gaz peut-il passer de la mère au fœtus?

En commun avec M. QUINQUAUD.

Comptes rendus de la Société de Biologie, 1883.

Il résulte de nos expériences qui ont consisté à mesurer les capacités respiratoires du sang maternel et du sang fœtal, après un empoisonnement lent de la mère produit par l'oxyde de carbone, que 100 c. c. du sang maternel avaient absorbé 16 c. c. 5 d'oxyde de carbone, tandis que 100 c. c. du sang de sept fœtus ne contenaient, après 35 minutes d'empoisonnement, que 2 c. c. 9 d'oxyde de carbone, qui ont été dégagés par l'acide acétique bouillant.

Le sang maternel contenait 5,7 fois plus d'oxyde de carbone que le sang des fœtus.

Empoisonnement des grenouilles par des mélanges d'acide carbonique et d'oxygène, d'oxyde de carbone et d'oxygène.

Comptes rendus de la Société de biologie, 1887.

En plaçant deux grenouilles dans des flacons contenant l'un un mélange à volumes égaux d'oxygène et d'acide carbonique, l'autre un mélange à volumes égaux d'oxygène et d'oxyde de carbone, on observe des effets bien différents : la première grenouille placée dans l'acide carbonique est morte vingt-quatre heures après, le cœur est arrêté, les oreillettes et le ventricule ne sont plus excitables; la deuxième grenouille vit deux et même trois jours dans l'oxyde de carbone, dans un mélange qui contenait le troisième jour 46 d'oxyde de carbone, 10 d'acide carbonique, 35 d'oxygène et 9 d'azote pour 100.

Ces expériences comparatives ont été faites en hiver lorsque la température ambiante a varié entre 0° et 10°.

Élimination de l'oxyde de carbone.

Comptes rendus de la Société de biologie, 1872, 1873.

On sait que la découverte de l'action toxique de l'oxyde de carbone appartient à Félix Leblanc.

Claude Bernard a démontré le mécanisme de l'empoisonnement produit par ce gaz et a prouvé que l'oxyde de carbone possède pour l'hémoglobine du sang une plus grande affinité que l'oxygène, de sorte que si l'on agite du sang oxygéné dans un flacon plein d'oxyde de carbone, l'oxygène est déplacé par un volume égal de ce dernier gaz.

En faisant respirer à un lapin de la vapeur de charbon, Claude Bernard a empoisonné cet animal et a reconnu au spectroscope dans une goutte de sang prise dans l'oreille la présence de l'oxyde de carbone par les deux bandes d'absorption et par l'absence de réduction; une demi-heure après la fin de l'intoxication partielle, le sang commençait à se réduire; trois quarts d'heure après, il se réduisait complètement. L'élimination a donc lieu rapidement chez cet animal.

Chez le chien, par un autre procédé qui permet un dosage exact, par la

mesure des pouvoirs absorbants du sang pour l'oxygène et pour l'oxyde de carbone, j'ai étudié la marche de l'élimination après un empoisonnement partiel.

	Oxygène.	Oxyde de carbone.
1° 100 c. c. de sang normal ont absorbé....	23,1	22,6
2° — intoxiqué —	9,8	11,1
3° — 2 h. après l'intoxication.	13,9	15,9
4° — 4 h. —	19,7	18,5

L'élimination du poison est plus lente chez le chien que chez le lapin, mais elle a lieu à peu près proportionnellement au temps.

Sous quelle forme l'oxyde de carbone est-il éliminé? C'est une question

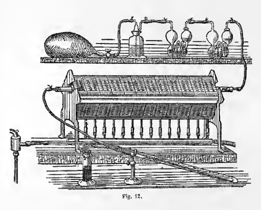


Fig. 12.

qui a donné lieu à de nombreuses controverses, et j'ai dû faire de grands efforts pour arriver à l'élucider. M. Pokrowski a fait des expériences qui paraissent démontrer que l'oxyde de carbone est brûlé dans l'organisme et converti en acide carbonique.

En faisant respirer un chien dans un sac de caoutchouc contenant 50 litres d'air et 380 c.c. d'oxyde de carbone pur $\left(\frac{1}{140}\right)$, dans un volume limité dont on enlevait l'acide carbonique au fur et à mesure qu'il était exhalé, tandis qu'on remplaçait l'oxygène absorbé, j'ai reconnu que le sang normal de l'animal absorbait 25 c. c. 1 d'oxygène, tandis que 100 c. c. de sang intoxiqué pris

une demi-heure après le début de l'intoxication n'absorbaient que 10 c. c. 5 d'oxygène et contenaient 23,1 — 10,5 = 12 c. c. 6 d'oxyde de carbone; une demi-heure plus tard le même volume de sang renfermait 12 c. c. 4 d'oxyde de carbone; dans ces conditions l'oxyde de carbone reste dans le sang en quantité constante, il n'est donc point brûlé.

J'ai cherché si l'oxyde de carbone ne se trouverait pas en nature dans l'air expiré par un animal partiellement intoxiqué; quand on fait passer lentement un courant d'air privé complètement d'acide carbonique, mais renfermant des traces d'oxyde de carbone, dans un tube de verre vert rempli de tournure de cuivre grillée et chauffée au rouge (fig. 12), on trouve que le gaz conduit dans un tube contenant de l'eau de baryte donne un précipité de carbonate de baryte; la décomposition dans le tube de ce précipité par un acide et l'emploi de la pompe à mercure donne un volume d'acide carbonique égal au volume d'oxyde de carbone qui a été brûlé. (Il est essentiel que le tube à combustion à ses extrémités et que les flacons absorbants soient munis de fermetures hydrauliques qui s'opposent à toute pénétration de l'air extérieur dans l'appareil.)

Nouvelles recherches sur l'élimination de l'oxyde de carbone après un empoisonnement partiel.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 1886.

Je croyais avoir démontré suffisamment le mode d'élimination de l'oxyde de carbone en nature, quand un travail fait dans le laboratoire de physiologie de M. le professeur Hermann, à Zurich, et qui a paru dans le vingt-sixième volume des Archives de Pfluger, a remis tout le sujet en question. M. le docteur Kreis, auteur de ce travail, a fait des expériences qui paraissent démontrer que si l'oxyde de carbone, comme je l'ai reconnu le premier, se trouve à l'état de liberté dans l'air expiré, cela tient à la présence dans le sang empoisonné de gaz oxyde de carbone en solution simple, qui possèderait une certaine tension, tandis que la plus grande partie du gaz toxique serait brûlée et transformée en acide carbonique suivant l'opinion de Pokrowski.

C'est sur la recherche de l'oxyde de carbone dans l'air expiré après injection de sang oxycarboné dans les veines d'un animal, que M. Kreis a fondé son opinion; il a injecté chez un lapin, du poids de 1 k. 7, 35 c. c. de sang

oxycarboné contenant 6 c.c. 3 d'oxyde de carbone combiné avec l'hémoglobine, puis il a recueilli l'air expiré pendant deux ou trois heures, l'a fait passer à travers des barboteurs à potasse, à travers un tube de porcelaine chauffé au rouge, et a obtenu dans l'eau de baryte un précipité; le dosage de la baryte restant par une liqueur titrée d'acide oxalique a donné 1 c. c. 5 d'acide carbonique, correspondant à 1 c. c. 5 d'oxyde de carbone, ou au quart du volume de gaz que renfermait le sang injecté, d'où M. Kreis conclut que les 3/4 de l'oxyde de carbone injecté échappent au mode d'élimination en nature, sont brûlés dans l'organisme et transformés en acide carbonique.

Avant de répéter cette expérience que j'avais déjà faite autrefois chez le chien, j'ai composé un mélange de 50 litres d'air et de 10 c. c. d'oxyde de carbone pur que j'ai fait passer rapidement à travers le tube à combustion; je n'ai obtenu que 1 c. c. 2 d'oxyde de carbone, c'est-à-dire $\frac{1}{8}$ du volume de ce gaz.

Au contraire, après avoir composé un autre mélange de 50 litres d'air et de 10 c. c. d'oxyde de carbone, j'ai établi un barbotage très lent du gaz, qui dura quatre jours et quatre nuits et j'ai obtenu un dépôt de carbonate de baryte beaucoup plus abondant et qui a fourni 9 c. c. d'acide carbonique, correspondant à 9 c. c. d'oxyde de carbone; j'ai retrouvé les $\frac{9}{10}$ de ce dernier gaz; j'en ai conclu que le barbotage doit être très lent quand le gaz combustible est très rare dans le mélange.

Chez un lapin du poids de 2 k. 3 j'ai injecté lentement par la veine jugulaire 30 c.c. 7 de sang oxycarboné pris à un autre lapin; je recueillis en 51 minutes 80 litres d'air expiré; le sang injecté renfermait 3 c.c. 3 d'oxyde de carbone, tandis que l'air expiré donna 3 c. c. d'acide carbonique ou d'oxyde de carbone, après un barbotage qui a duré huit jours et huit nuits; j'ai donc retrouvé dans l'air expiré les $\frac{9}{10}$ de l'oxyde de carbone qui avait été injecté dans le sang. Une autre expérience faite sur un chien a donné de même des résultats décisifs; j'ai mesuré par le procédé que nous avons établi, M. Quinquaud et moi, le volume du sang que j'ai trouvé égal chez un chien à 1307 c.c. 100 c.c. de sang à la fin de la mesure contenaient 10 c.c. 5 d'oxyde de carbone; on fit respirer l'animal dans l'air pendant 1 heure et 4 minutes et il fit circuler à travers ses poumons 237 litres d'air; la capacité respiratoire du sang s'était accrue et 100 c. c. de sang ne contenaient plus que 6 c. c. d'oxyde de carbone; ainsi 4 c.c. 5 d'oxyde de carbone avaient été exhalés. Un calcul très simple a montré que l'animal exhalait 9 c.c. 2 d'oxyde de

carbone en dix minutes, si l'on admet l'exhalation en nature. Or, au bout d'une heure, on recueillit 35 litres d'air expiré en dix minutes et ce gaz analysé a fourni 9 c. c. 8 d'oxyde de carbone, nombre si voisin du précédent que l'on doit conclure que *l'oxyde de carbone est entièrement éliminé en nature.*

La dissociation de l'hémoglobine oxycarbonée est assez lente pour qu'il y ait dans l'air expiré recueilli après un empoisonnement partiel une très faible proportion d'oxyde de carbone. J'ai empoisonné un lapin par un mélange de 2 litres d'oxygène et de 70 c. c. d'oxyde de carbone pur que l'animal a respiré pendant un quart d'heure : les capacités respiratoires du sang normal et du sang intoxiqué étaient égales à 18 et à 7 environ; puis on fit respirer l'animal dans l'air extérieur pendant 17 minutes et on recueillit ensuite l'air expiré pendant 21 minutes dans un sac de caoutchouc qui reçut 18 l. 6 d'air; l'analyse par l'oxyde de cuivre donna 2 c. c. 45 d'oxyde de carbone ou une proportion de $\frac{1}{7590}$.

Je me suis demandé si des proportions faibles d'oxyde de carbone peuvent s'opposer à l'élimination et j'ai fait chez des lapins des expériences comparatives qui sont résumées dans le tableau suivant :

Nos DES EXPÉRIENCES	POIDS DU LAPIN	COMPOSITION DU GAZ RESPIRÉ 15 MINUTES		PROPORTION D'OXYDE DE CARBONE DANS LE MÉLANGE EMPLOYÉ ENSUITE	TEMPS PENDANT LEQUEL CE MÉLANGE A ÉTÉ RESPIRÉ	CAPACITÉS RESPIRATOIRES DU SANG
		Oxygène	Oxyde de carbone			
1	2k,500	2l	60cc	1/10000	3h	14cc,3
2	2k,900	2l	70cc	1/5000	2h	14cc,1
3	3k,200	2l	76cc	1/1000	1h 20m	12cc,6
4	2k,900	2l	60cc	1/500	1h	11cc,7
5	2k,700	2l	64cc	1/250	1h 3m	7cc
6	2k,900	2l	58cc	1/200	13m	5cc

Chez un lapin du poids de 2 k. 500, empoisonné pendant un quart d'heure par un mélange de 2 litres d'oxygène et de 40 c. c. d'oxyde de carbone pur, le sang normal possédait une capacité respiratoire égale à 19,1 ; après l'em-

poisonnement, la capacité respiratoire était égale à 7, et 1 heure 10 minutes après, l'animal ayant respiré de l'air pur, elle était devenue 14,6; elle s'était accrue de 7,6.

Si nous comparons à cette expérience type les résultats indiqués dans le tableau, nous voyons qu'une proportion d'oxyde de carbone comprise entre 1/10,000 et 1/500, dans l'air respiré par les lapins après un empoisonnement partiel, n'a point arrêté l'élimination de l'oxyde de carbone, mais l'a seulement ralentie; aussi dans les expériences 1, 2, 3, 4, les lapins ne sont pas morts, mais ils ont été sacrifiés par section de l'artère carotide qui a fourni le sang nécessaire à la mesure des capacités respiratoires, tandis que dans les expériences 5 et 6 les lapins sont morts l'un au bout de 1 heure 3 minutes, l'autre au bout de 13 minutes; des proportions d'oxyde de carbone égales à 1/250 et à 1/200 qui ne seraient pas toxiques chez des animaux sains, ont arrêté l'élimination.

Ces expériences démontrent que la dissociation de l'hémoglobine oxycarbonée s'effectue dans les poumons avec une certaine activité dont la limite est exactement mesurée.

Production de l'oxyde de carbone par divers combustibles.

Annales d'hygiène, août 1879.

1° *Combustion de la braise de boulanger.*

J'ai fait brûler dans un creuset percé contenant une petite grille de fer 10 grammes de braise de boulanger allumée avec un chalumeau à gaz et air et j'ai recueilli les produits de la combustion dans un grand sac de caoutchouc placé dans une grande cuve en zinc dans laquelle on avait fait un vide partiel (aspirateur); j'ai ajouté aux gaz obtenus qui contenaient de l'air entraîné une certaine proportion d'oxygène et je les ai fait respirer par un chien; l'inspiration avait lieu dans le sac, l'expiration dans l'air; au bout de 24 minutes, l'animal mourut; la capacité respiratoire du sang pris dans la veine cave inférieure était 5,5, celle du sang normal avait été trouvée égale à 27,5; ainsi le sang avait fixé 27,5 — 5,5 = 22^{cc} d'oxyde de carbone. L'analyse chimique a montré en outre que 10 grammes de braise en brûlant dans l'air ont donné 2 litres d'oxyde de carbone.

Il faut donc bien se garder de respirer les gaz provenant de la combustion de la braise.

2° *Combustion du tabac à fumer.*

En faisant brûler 20 grammes de tabac à fumer dans une pipe dont le tuyau était uni au ballon aspirateur j'ai obtenu des gaz qui ont empoisonné un chien exactement comme dans l'expérience précédente.

Je me suis demandé si le fumeur absorbe de l'oxyde de carbone; en faisant fumer deux cigares par un homme qui a brûlé 8 gr. 4 de tabac en une heure et 14 minutes, je n'ai pas pu reconnaître dans l'air expiré recueilli ensuite pendant 15 minutes la moindre trace d'oxyde de carbone. En faisant recommencer l'expérience d'une autre manière, en faisant fumer rapidement deux cigares et en faisant avaler la fumée, j'ai observé plusieurs accidents, des maux de tête et des troubles dans la locomotion, qui peuvent être attribués à la nicotine et à d'autres poisons, et j'ai pu constater en même temps dans l'air expiré la présence d'une petite quantité d'oxyde de carbone qui était éliminé en nature après avoir été absorbé par le sang.

3° *Combustion du gaz de l'éclairage.*

J'ai recueilli à l'aide d'un appareil spécial les produits de la combustion de 20 litres de gaz brûlés dans un bec d'Argant, et j'ai fait respirer par un chien pendant 30 minutes les gaz obtenus; j'ai reconnu que la capacité respiratoire du sang avait diminué seulement de 0,6, ce qui indiquait dans le mélange une proportion d'oxyde de carbone inférieure à $\frac{1}{4000}$.

L'analyse chimique par l'appareil à combustion a montré que pour 2470 c.c. d'acide carbonique absorbé par la potasse, il n'y avait guère dans les produits de la combustion du gaz qu'un centimètre cube d'oxyde de carbone, quantité fort petite.

J'ai reconnu de plus que si l'on entretient la combustion d'un bec d'Argant avec un mélange d'air et d'oxyde de carbone contenant $\frac{1}{100}$ de ce gaz, l'oxyde de carbone mélangé avec l'air brûle presque complètement. Si le gaz de l'éclairage en brûlant ne donne que des traces d'oxyde de carbone, il fournit de grands volumes d'acide carbonique; il faut donc se garder de se chauffer avec des poêles à gaz n'ayant pas de tuyau de dégagement, car j'ai démontré que l'air contenant seulement $\frac{1}{100}$ d'acide carbonique diminue très sensiblement le poids d'acide carbonique exhalé par les poumons.

Poêle sans tuyau.

Annales d'hygiène, août 1879.

Dans une chambre d'une capacité de 45 mètres cubes, j'ai fait apporter un poêle sans tuyau dans lequel on avait introduit 2 kilogrammes de charbon de bois allumé. Dans la même chambre, on a fait placer une cage en fil de fer contenant un chien du poids de 12 kil. 5 auquel on avait pris d'abord un premier échantillon de sang; au bout de 2 heures 1/2, on fit à l'animal une deuxième prise de sang; la capacité respiratoire du sang normal était 23,2, celle du sang partiellement intoxiqué était 12,4; ainsi 23,2 — 12,4 = 10 c. c. 8 d'oxyde de carbone avaient été fixés par 100 c. c. de sang.

Cette expérience conduit à proscrire absolument un mode de chauffage qui a déjà produit beaucoup d'accidents.

Recherche quantitative de l'oxyde de carbone dans le sang après l'empoisonnement.

Annales d'hygiène, août 1879.

En prenant chez un animal empoisonné par l'oxyde de carbone du sang dans la veine cave inférieure, j'ai trouvé que 100 c. c. de sang n'absorbaient plus que 6 c. c. 2 d'oxygène; le sang chauffé ensuite à 100° avec de l'acide acétique cristallisable contenant du sel marin en dissolution a donné 15 c. c. 5 d'oxyde de carbone.

Ce procédé permet de mesurer le volume du poison gazeux fixé par le sang et il est immédiatement applicable à la recherche médico-légale de l'oxyde de carbone.

L'urée est un poison.

En commun avec M. Quinquaud.

On injecte un gramme d'urée en solution dans l'eau sous la peau d'une grenouille du poids de 30 grammes. Au bout de dix minutes on voit survenir des convulsions tout à fait semblables à celles que produit la strychnine; bientôt, les mouvements respiratoires cessent, le cœur s'arrête et la mort survient.

Chez les mammifères, il faut employer des doses considérables pour

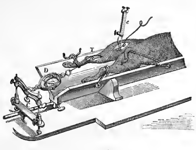


Fig. 13.

obtenir des accidents semblables. Ainsi chez un chien du poids de 5 k. 800, il a fallu injecter sous la peau 48 grammes d'urée, $\frac{1}{121}$ du poids du corps, pour obtenir un véritable tétanos et la mort de l'animal au bout de 5 h. 20 m.; 100 grammes de sang pris dans la veine cave inférieure contenaient 0 gr. 652 d'urée; la dose toxique dans le sang était égale à $\frac{1}{153}$. En mesurant la force musculaire à l'aide de l'appareil représenté par la fig. 13, le tendon d'Achille étant fixé à un dynamomètre et la pince électrique étant portée sous le nerf sciatique, nous avons trouvé que cette force, égale à 6 ou à 7 kilogrammes chez un chien, restait exactement la même aprés l'injection d'une dose d'urée qui a été toxique.

Les accidents produits par l'urée ne sont pas dus à la formation d'ammoniaque, car en distillant dans le vide, à l'aide de la pompe à mercure, le sang d'un animal empoisonné dans un appareil représenté par la figure

14, et en versant le liquide distillé dans un certain volume de réactif de Nessler (obtenu en ajoutant de la potasse à une solution d'iodure de potassium et de mercure), nous n'avons pas eu la moindre coloration indiquant la présence de l'ammoniaque.

Nous avons injecté de l'urée dans le sang d'un animal après avoir pris un échantillon de sang normal pour obtenir la dose physiologique, et nous avons constaté dans le sang pris d'heure en heure l'augmentation et la

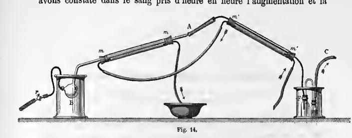


Fig. 14.

diminution progressive du chiffre de l'urée; voici les résultats qui ont été fournis par un chien du poids de 11 kilogrammes qui a reçu 25 grammes d'urée dans la veine saphène :

Urée contenue dans 100 c. c. de sang :

A l'état normal.	0,039
10 minutes après l'injection.	0,200
45 m. — —	0,196
1 h. 17 m. — —	0,198
1 h. 50 m. — —	0,180
2 h. 50 m. — —	0,136
4 h. 3 m. — —	0,134

Recherche de la dose toxique chez l'homme. — Nos nombreuses expériences ont montré que la dose toxique chez le chien est de 0 gr. 516, 0 gr. 652, 0 gr. 666. Y a-t-il, chez l'homme, dans les cas d'accidents urémiques des doses comparables? Dans un cas d'anurie chez l'homme, nous avons trouvé 0 gr. 410 d'urée pour 100 grammes de sang pris peu de temps avant la mort; dans un autre exemple d'anurie non mortelle on a trouvé dans le sang 0 gr. 210 d'urée p. 0/0; ainsi les doses toxiques chez l'homme sont tout à fait comparables à celles que nous avons trouvées chez les animaux.

SIXIÈME SECTION

APPENDICE

Sur la décomposition des matières albuminoïdes dans le vide.

En commun avec M. Modrzejewsky. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1874.

Lorsqu'on abandonne pendant plusieurs jours à une température de 40°, dans un récipient vide mis en communication avec une pompe à mercure, du sang dont on a complètement extrait les gaz, le vide ne se maintient pas; il se produit une certaine quantité de gaz que l'on extrait chaque jour pour les soumettre à l'analyse. 100 c.c. de sang ont fourni en quatre jours 111 c. c. de gaz qui contenaient :

Acide carbonique.	61
Hydrogène	44,2
Azote.	5,8

100 c.c. de sérum du sang de bœuf chauffés à 45 c.c. pendant trente-six jours ont fourni 519 c.c. 7 de gaz qui contenaient :

Acide carbonique.	362 c. c. 4
Hydrogène	143 » 4
Azote.	13 » 9

100 c. c. de blancs d'œufs chauffés à 45° ont donné en treize jours 256 c. c. 4 de gaz renfermant :

Acide carbonique	179,6
Hydrogène.	70,6
Azote.	6,2

L'acide carbonique était mélangé d'hydrogène sulfuré. Les matières albuminoïdes chauffées dans le vide à 40° ou à 45°, en l'absence complète de l'oxygène, présentent donc des phénomènes de dédoublement qui donnent lieu à la production d'acide carbonique, d'hydrogène et d'azote.

Peptone de fibrine comme aliment.

J'ai composé un suc gastrique artificiel formé de :

Pepsine amylacée	2 gr.
Acide chlorhydrique pur	4 c.c.
Eau	1 litre.

En soumettant à l'action de ce liquide 100 grammes de fibrine du sang humide lavée plusieurs fois dans l'eau, en chauffant dans une étuve à 40°, on obtint au bout de 24 heures une solution presque complète.

Le liquide filtré sur un linge a été porté à l'ébullition et additionné de bicarbonate de soude jusqu'à réaction neutre ou légèrement alcaline. Ce liquide, après avoir été filtré sur le papier, a été donné à des malades en même temps que d'autres aliments et a paru utile à la nutrition.

Note sur l'emploi de la valériane comme topique.

Comptes rendus de la Société de biologie, 1884.

M. le Dr Landragin, d'Aubenton (Aisne), mon beau-père, emploie depuis longtemps et avec succès une décoction de 30 gr. de racine de valériane dans 1 litre d'eau, dans le traitement des plaies contuses et des érysipèles. Dans un cas d'écrasement du pied qui paraissait nécessiter l'amputation, l'application de compresses trempées dans ce liquide a fait disparaître aussitôt la douleur, et au bout d'un temps suffisamment long la guérison a été complète.

M. le Dr Arragon, médecin militaire, qui d'après mon conseil a employé ce procédé de pansement, a guéri rapidement des plaies contuses de la jambe par coups de pied de cheval qui sont d'ordinaire très longues à guérir; il a constaté aussi que la douleur disparaît complètement dès que l'on applique des compresses sur la plaie; c'est là un fait intéressant au point de vue physiologique.

Coefficients de correction des volumes gazeux.

En commun avec M. Mer.

Journal de physique de M. d'Almeida. Tomo III; 1774.

Manuel de physique médicale.

Un volume de 658 pages avec 469 figures

Germer Baillière, 1869, 1re édition.

FIN

PREMIÈRE TABLE DES MATIÈRES

TRAVAUX PERSONNELS

1re Section. — Étude du sang. Circulation.

2e Section. — Respiration.

3e SECTION. — **Sécrétion.**

4e SECTION. — **Système nerveux.**

5e SECTION. — **Toxicologie.**

6e SECTION. — **Appendice.**

DEUXIÈME TABLE DES MATIÈRES

TRAVAUX EN COLLABORATION :

Avec M. le Dr QUINQUAUD, médecin des hôpitaux, professeur agrégé à la Faculté de médecine.

1re Section. — **Étude du sang. Circulation.**

2e Section. — **Respiration.**

3e Section. — **Sécrétion.**

4e Section. — **Système nerveux.**

5e Section. — **Toxicologie.**

Avec le Dr PICARD.

Avec M. PEYROU.

Avec M. le Dr MISLAWSKY.

Avec M. DUQUESNEL.

Avec M. le Dr MODRZEJEWSKY.

Avec M. MER.

Coulommiers. — Imp. P. BRODARD et GALLOIS.